韓國林學會誌 86(2) : 158 - 166. 1997
Jour. Korean For. Soc. 86(2) : 158 - 166. 1997

Lorenz曲線에 根據한 林分構造指數推定[1]

李 祐 均[2]

Estimating the Stand Structure Index Based on Lorenz Curve[1]

Woo-Kyun Lee[2]

요 약

본 연구에서는 임분구조의 다양성 또는 동질성을 계량화시키는 방법을 제시하였다. 우선 인접목과의 직경비율에 의해 임분구조를 파악할 수 있는 Gadow의 직경차이율을 소개하였고, 직경급별 본수비율과 단면적 또는 재적비율에 의해 형성되는 Lorenz곡선형태로 부터 임분구조의 다양성지수를 유도하는 새로운 방법을 제시하였다.

본 연구에서 제시한 Lorenz곡선원리에 의한 횡적 임분구조지수는 Gadow의 직경차이율과 마찬가지로 0에서 1사이의 값을 가지며, 임분구조가 다양할수록 1에 접근하는 특징을 지니고 있다. 이러한 Lorenz곡선원리에 의한 횡적 임분구조지수를 Gadow의 직경차이율과 비교한 결과, 본연구에서 제시한 새로운 횡적 임분구조지수는 Gadow의 직경차이율과 비슷하게 임분구조를 설명하는 것으로 나타났다.

ABSTRACT

This study presents the method to quantify the stand structure diversity or homogeneity. Gadow's dbh differentiation(Durchmesserdifferenzierung) is introduced which quantifies the horizontal stand structure by the ratio of the dbh between subject tree and neighbour trees. And new stand structure diversity index based on Lorenz curve, which is made by ratio of tree number and basal area or volume by dbh class, is presented.

The horizontal stand structure index based on Lorenz curve has a value from 0 to 1 as Gadow's index, and approximates to 1 if the stand strucure has high diversity. In the comparative analysis for performance, the new stand structure index based on Lorenz curve is considered to compare with the Gadow's index for describing the stand structure.

Key words : stand structure diversity, dbh-differentiation, Lorenz curve, stand structure index

서 론

산림경영을 위해서는 산림의 현상태를 파악하는 것과 시업 또는 시간에 따른 산림상태의 변화를 예측하는 것이 수반되기 마련이다. 이와 같은 산림상태를 나타내는 변수는 크게 수치로 측정이 가능한 수치형 변수(numerical variable ; measurable variable)와 수치로는 측정 및 표현이 곤란한 범주형 자료(categorical variable)로 구분된다(Gadow, 1993). 지금까지의 산림경영에서는 흉고직경, 수고, 흉고단면적, 재적, 입목도, 지위지수 등과 같이 수량적으로 측정이 가능한 수치형 변수는 의사결정을 위한 경영인자로 고려되고 있는 반면, 입목의 종분포(species distribution), 공간분포(spatial distribution), 크기분포

[1] 接受 1997年 2月 4日 Received on February 4, 1996
[2] 고려대학교 산림자원학과 Department of Forest Resources, Korea University, Seoul, Korea

(dimension or size distribution) 등과 같이 수량화가 곤란하여 질적인 속성에 따라 분류되던 범주형 자료는 경영을 위한 자료로 이용되지 못하고 있다. 그 이유는 기본적으로 이러한 범주형 자료는 수치로 측정이 곤란하다는데 있다. 즉, 범주형 자료는 질적으로 평가되기 때문에 측정자의 주관이 크게 개입될 수 있으며, 이에 따라 객관성 및 신뢰성이 낮아 경영정보로서의 이용을 제약하고 있다.

최근 들어 산림경영기법이 다양화되면서 측정자의 주관에 의해 평가되었던 범주형 자료에 대한 수량적 측정방법이 개발되고 있다. 우선 임분의 종분포를 나타내는 각종 종다양성지수가 개발되어 산림경영을 위한 기초자료로 이용되기도 한다(Füldner, 1995 ; Gadow, 1993 ; Gadow와 Füldner, 1995 ; 이, 1996). 또한 임의분포, 규칙분포, 군상분포 등과 같이 분류되던 입목의 공간분포도 수량화된 지수로 표현할 수 있는 방법이 개발되고 있다(Füldner, 1995 ; Gadow, 1993 ; Gadow와 Füldner, 1995 ; 이, 1996).

입목크기의 분포형태는 보통 임분구조(stand structure)라는 용어로 표현되고 있는데, 직경크기의 분포형태를 횡적구조(horizontal structure)로, 수고크기의 분포형태를 종적구조(vertical structure)로 나타내고 있다(Wenk 등, 1990). 지금까지는 임분구조를 직경 및 수고의 평균치와 범위로 개략적으로 표현하거나, 정규 및 t분포, β분포, Weibull분포, 지수함수 등의 통계적 분포식을 이용하여 나타내 왔다(Kramer, 1988, 변 등, 1996). 그러나 평균치 및 범위는 임분구조를 명확하게 나타내지 못하는 한계를 지니고 있으며, 대부분의 통계적 분포식은 임분구조의 형태(form)를 나타낼 뿐 구조의 다양성(diversity) 또는 동질성(homogeneity) 정도는 충분히 나타내지 못하고 있다.

본 연구에서는 임분구조를 수치형 변수로 나타낼 수 있는 방법을 제시하고 있다. 우선 횡적 임분구조를 수치화시킬 수 있는 방법으로서 최근에 개발된 Gadow의 직경차이율(dbh-differentiation ; Durchmesserdifferenzierung)을 강원도지방의 소나무임분에 적용해 보았고, 직경급별 본수비와 단면적비에 의해 형성되는 Lorenz곡선의 원리를 이용한 새로운 횡적 임분구조지수(horizontal stand structure index)를 개발하여 임분구조지수로서의 적용성을 검증하였다. 이와 같이 임분구조를 수치로 표현함으로써 임분구조를 산림경영의 고려인자로 활용할 수 있는 기반을 마련하는 것이 본 연구의 기본 취지이다.

재료 및 방법

1. 연구재료

비교적 생육상태가 양호한 강원도지방 소나무임분을 대상으로 101곳의 표본점을 설정하여 임분조사를 실시하였다. 표본점의 형태는 원형으로 하였으며, 크기는 조사본수가 30-40본 되도록 0.01ha-0.1ha 사이로 하였다. 수간횡단면의 불규칙성으로 인한 오차를 줄이기 위해서 흉고직경을 2번 측정하였으며, 각 입목의 위치를 중심점으로 부터 각도 및 거리를 측정하여 파악하였다. 조사표본점의 생장에 대한 간단한 개황은 표 1과 같다.

2. 연구방법

1) Gadow의 직경차이율(dbh-differentiation ; Durchmesserdifferenzierung)

Gadow와 Füldner(1995, Gadow, 1992)는 임분의 횡적구조를 개체목의 공간적 위치와 흉고직경을 이용하여 다음과 같이 파악하는 방법을 제시하였다.

$$DDj_{dbh(i)} = \frac{1}{j} \sum_{k=1}^{j}(1 - R'dbh_{i,k}), \text{ here}$$

$$R'dbh_{i,k} = \frac{dbh_{small}}{dbh_{big}} \quad \cdots\cdots(1)$$

Table 1. Simple statistics for general growth factors of sample plots such as age(year), dbh(㎝), stems per ha(N/ha), site index with reference age 50(SI ; Lee 1993)

Variable	Mean	Standard Deviation	Minimum	Maximum
Age(year)	37	14	18	87
dbh(㎝)	17.5	7.8	7.7	43.1
N/ha	2099	1147	300	6000
SI	20.2	2.7	10.7	27.6

$DDj_{dbh(i)}$: dbh differentiation of subject tree i
$R'dbh_{i,k}$: dbh-ratio between subject tree i and it's neighbour tree k
j : number of neighbour trees

윗식에서 $DDj_{dbh(i)}$는 i번째 나무와 i개체목의 j번째 인접목까지의 평균 직경차이율을 나타낸다. 예를 들면 가장 가까운 인접목하고만 비교하면 j=1이 되며, 두번째 가까운 인접목까지 비교하면 j=2가 된다. $DDj_{dbh(i)}$의 계산인자중, $R'dbh_{i,k}$는 중심목 i의 직경이 k번째 인접목의 직경과 얼마나 다른가를 나타내는 지수로서, dbh_{large}와 dbh_{small}은 중심목(i)과 인접목(k)의 흉고직경중 큰 흉고직경 및 작은 흉고직경을 각각 나타낸다. $DDj_{dbh(i)}$는 0에서 1 사이의 값을 가지며, 비교한 나무와 흉고직경이 같으면 0이고 직경차이가 클수록 1에 가까워 진다. j번째 인접목까지 고려한 각 개체목의 직경차이율($DDj_{dbh(i)}$)을 다음과 같이 조사본수(n)로 나눈 것을 표본점의 평균직경차이율(DDj_{dbh})이라 한다.

$$DDj_{dbh} = \frac{\sum_{i=1}^{n} DDj_{dbh(i)}}{n} \quad \cdots\cdots (2)$$

임분내 각 개체목의 직경차이율($DDj_{dbh(i)}$)의 평균치인 임분의 평균직경차이율(DDj_{dbh})은 인접목간 흉고직경에 얼마나 큰 차이가 있는가를 나타내며 0에서 1 사이의 값을 가진다. 평균직경차이율이 0에 가까울수록 인접목간 흉고직경의 차이가 거의 없다는 것을 의미하여, 횡적 임분구조의 동질성이 높다는 것을(다양성이 낮다는 것을) 나타낸다. 역으로 평균직경차이율이 1에 가까울수록 임분내 흉고직경간의 차이가 크고, 그 차이가 공간적으로 다양하게 분포되어 있음을 나타낸다.

본 연구에서는 첫번째 인접목만 고려한 경우($DD1$), 3번째 인접목까지 고려한 경우($DD3$), 그리고 3번째 인접목까지를 고려하는데, 인접목 3본에 대한 평균흉고직경을 비교직경으로 이용한 경우($DD3b$)에 대하여 직경차이율을 각각 추정하고 이를 이용하여 임분의 횡적구조를 파악하였다.

2) Lorenz곡선을 이용한 횡적 임분구조지수

Kramer(1988)는 Lorenz곡선을 이용하여 임분구조의 동질성을 파악할 수 있다고 하였다(변 등, 1996). 그에 의하면 x축을 본수의 누적율로, y축을 흉고단면적 또는 재적의 누적율로 하고, 직경급별로 파악된 누적율을 연결하면 임분의 동질성을 나타낼 수 있다는 것이다. 임분이 완전히 동질적이라면 모든 나무의 흉고단면적 또는 재적은 동일할 것이며, 이에 따라 본수의 누적율과 흉고단면적 또는 재적의 누적율은 같게 되어 Lorenz곡선은 원점(0,0)과 x축과 y축의 1을 나타내는 좌표(1,1)을 잇는 선형을 띠게 될 것이다. 이와 같은 Lorenz곡선은 임분구조가 비동질적일수록, 즉 다양할수록 완전동질성을 나타내는 이 직선으로 부터 밑으로 멀어지게 된다(그림 2 참고).

본 연구에서는 직경급별 본수비와 단면적비로 부터 형성되는 Lorenz곡선을 함수식으로 유도하여 임분구조의 동질성 또는 다양성을 지수화하였다. 즉, Lorenz곡선은 다음과 같이 간단한 함수식으로 나타낼 수 있다.

$$GR_i = NR_i^{\beta}, \text{ here } GR_i = \sum_{j=1}^{i} \frac{G_j}{G_g},$$

$$NR_i = \sum_{j=1}^{i} \frac{N_j}{N_g} \quad \cdots\cdots (3)$$

G_g : total basal area,
G_j : volume or basal area of j-th dbh class
N_g : total number of trees,
N_j : number of trees of j-th dbh class

윗식에서 GR_i은 i직경급 까지의 흉고단면적비를, 그리고 NR_i는 i직경급 까지의 본수비를 각각 나타낸다. 계수 β는 횡적 임분구조의 동질성을 나타내는데, 임분구조가 완전동질적이면 1의 값을 가지며 비동질적이면 1보다 큰 값을 가지게 된다. 즉 임분구조가 비동질적일수록 β의 값은 1로 부터 멀어지게 되는 데 그 상한선이 정해져 있지 못하다. 따라서 의미를 보다 정확히 나타내기 위해 β의 역수를 1에서 빼면 다음과 같은 횡적 임분구조지수(horizontal Stand Structure Index : $L'hSSI$)를 유도할 수 있다.

$$L'hSSI = 1 - \frac{1}{\beta}, \quad 0 \le L'hSSI < 1 \quad \cdots\cdots (4)$$

이와 같은 Lorenz곡선원리에 의한 새로운 횡적 임분구조지수($L'hSSI$)는 Gadow의 직경차이율과 마찬가지로 0에서 1사이의 값을 갖게 되며, 0에 가까울수록 동질적인, 1에 가까울수록 비동질적인(다양한) 임분구조를 나타낸다. 본 연구에서는 연구대상지 임분에 대해 재적비를 기준으로

한 임분구조지수(*L'SSI*)와 단면적비를 기준으로 한 횡적 임분구조지수(*L'hSSI*)를 추정하여 Gadow의 직경차이율과 비교함으로써 임분구조지수로서의 적용성을 검증하였다.

결과 및 고찰

1. Gadow의 직경차이율(dbh-differentiation ; Durchmesserdifferenzierung)

인접목의 수에 따른 Gadow의 직경차이율을 3번째 인접목까지를 고려한 직경차이율(*DD3*)을 기준으로 보면, *DD3*와 첫번째 인접목만을 고려한 직경차이율(*DD1*)사이에는 0.94, 3번째 인접목까지의 평균을 이용한 직경차이율(*DD3b*)사이에는 0.98의 상관관계가 있어 인접목의 수에 따른 직경차이율의 변이는 작은 것으로 나타났다(표 2). 이는 Gadow의 직경차이율을 추정할 경우 인접목의 수는 자유로이 선택할 수 있음을 시사하고 있는 것이다. 본 연구에서는 3번째 인접목까지 고려한 직경차이율(*DD3*)을 분석의 기준으로 삼았다.

본 연구에 이용된 소나무 표본점의 직경차이율(*DD3*)은 최저 0.098, 최대 0.355, 평균 0.23으로 나타나, 선정된 표본점의 임분구조가 비교적 동질적임을 보여주고 있다. 이는 본 연구에 이용된 자료는 소나무의 생장모델조제를 위하여 조사된 것으로 임분구조가 비교적 균일하다고 판단되는 임분을 조사대상지역으로 선정하였기 때문이다(Lee, 1993). 또한 표본점의 직경차이율(*DD3*)은 임령 및 흉고직경에 따른 편의를 갖고 있지 않는 것으로 나타났다.

2. Lorenz곡선에 의한 횡적 임분구조지수 (*L'hSSI*)

표 3을 보면 흉고단면적을 기준으로 한 횡적임

Table 2. Coefficients of correlation between several dbh-differentiation based on different number of neighbour trees(DD1 : with 1 neighbour tree, DD3 : with 3 neighbour trees, DD3b : with mean dbh of 3 neighbour trees)

	Coefficients of Correlation			Simple Statistics			
	DD1	DD3	DD3b	Mean	Std	Min.	Max.
DD1	1.00000 0.0	– –	– –	0.230	0.064	0.084	0.374
DD3	0.94406 0.0001	1.00000 0.0	– –	0.228	0.057	0.098	0.355
DD3b	0.92225 0.0001	0.98174 0.0001	1.00000 0.0	0.193	0.053	0.076	0.343

Table 3. Coefficients of correlation between stand structure index based on Lorenz curve(*L'SSI and L'hSSI*) and dbh-differentiation(*DD3*), standard deviation(*SDdbh*) of dbh, coefficient of variation(*CVdbh*) of dbh

	Coefficients of Correlation					Simple Statistics			
	L'SSI	L'hSSI	DD3	SDdbh	CVdbh	Mean	Std	Min.	Max.
age	-0.04447 0.6588	-0.20398 0.0408	-0.18447 0.0648	0.73777 0.0001	-0.25763 0.0093	36	14	18	87
dbh	-0.24323 0.0142	-0.39720 0.0001	-0.41546 0.0001	0.69038 0.0001	-0.48147 0.0001	17.5	7.8	7.7	43.1
L'SSI	1.00000 0.0	– –	– –	– –	– –	0.318	0.075	0.160	0.541
L'hSSI	0.95722 0.0001	1.00000 0.0	– –	– –	– –	0.390	0.069	0.149	0.467
DD3	0.89698 0.0001	0.93668 0.0001	1.00000 0.0	– –	– –	0.228	0.057	0.098	0.355
SDdbh	0.45241 0.0001	0.31748 0.0012	0.27454 0.0055	1.00000 0.0	– –	3.930	1.461	1.761	8.291
CVdbh	0.88050 0.0001	0.94961 0.0001	0.95346 0.0001	0.22503 0.0237	1.00000 0.0	23.81	6.556	10.49	43.69

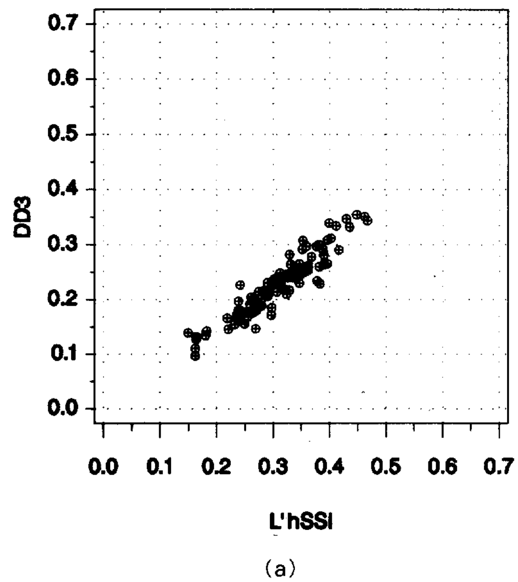
분구조지수($L'hSSI$)와 재적을 기준으로 한 임분구조지수($L'SSI$)사이에는 0.95의 상관관계가 있어, 단면적비를 기준으로 한 횡적임분구조지수와 재적비를 기준으로 한 임분구조지수사이에는 차이가 미미함을 나타내고 있다. 또한 Lorenz곡선에 의한 횡적임분구조지수($L'SSI$, $L'hSSI$)는 Gadow의 직경차이율($DD3$)과 마찬가지로 임령 및 흉고직경과 상관성이 없는 것으로 나타났다.

Lorenz곡선에 의한 횡적 임분구조지수($L'hSSI$)와 Gadow의 직경차이율($DD3$)사이에는 상관계수가 0.94로 나타나 두 인자간의 유사성이 매우 높은 것으로 나타났다(표 3). 또한 이 두인자와 흉고직경 평균치의 변이계수($CVdbh$)와는 상관성이 매우 높아 평균흉고직경의 변이계수도 임분구조를 나타낼 수 있는 지수로 이용될 수 있다는 것을 시사하고 있다. 예를 들어 변이계수를 100으로 나눌 경우 0과 1 사이의 값을 갖게 되며, 이 수치는 임분구조가 다양할수록 1에 접근하게 될 것이다.

평균치를 비교해 보면 100으로 나눈 변이계수와 Gadow의 직경차이율은 각각 0.24, 0.23으로 비슷한 반면, 단면적비 및 재적비를 기준으로 한 Lorenz곡선에 의한 다양성지수는 0.39와 0.32로 약간 높게 나타났다. 그림 1은 본 연구에서 제시된 임분구조의 다양성지수와 Gadow의 직경차이율, 변이계수와의 관계를 나타내고 있다. 그림을 보면 절대치에 차이가 있을 뿐, 세 지수는 임분구조를 비슷하게 설명해 주고 있다는 것을 알 수 있다.

지금까지 살펴본 Gadow의 직경차이율은 입목의 공간적 분포가 고려된 것으로서 공간적 임분구조지수(spatial stand structure index)로 분류될 수 있는 반면, Lorenz 곡선에 의한 임분구조지수와 평균흉고직경의 변이계수에 의한 임분구조지수는 입목의 공간적 분포가 고려하지 않고 입목의 크기만 고려한 것으로서 비공간적 임분구조지수(non-spatial stand structure index)로 분류될 수 있다. 따라서 Gadow의 직경차이율을 추정하기 위해서는 개체목의 위치가 파악되어야 하는 반면, 본 연구에서 제시된 횡적 임분구조지수($L'hSSI$)와 평균흉고직경의 변이계수는 개체목의 위치를 조사하지 않고도 임분구조를 비교적 쉽게 파악할 수 있는 특징을 지니고 있다.

그러나 비공간적 임분구조지수는 입목의 크기만 고려되었으므로 구성입목들의 크기순서가 같은 경우, 입목의 공간적 배치와는 무관하게 항상 같은 값을 지니게 되는 문제점을 안고 있다. 반면, 공간적 임분구조지수는 크기순서가 같은 입목들로 구성되어 있더라도 입목의 공간배치에 따라 서로 다른 값을 나타낼 수 있는 특징을 지니



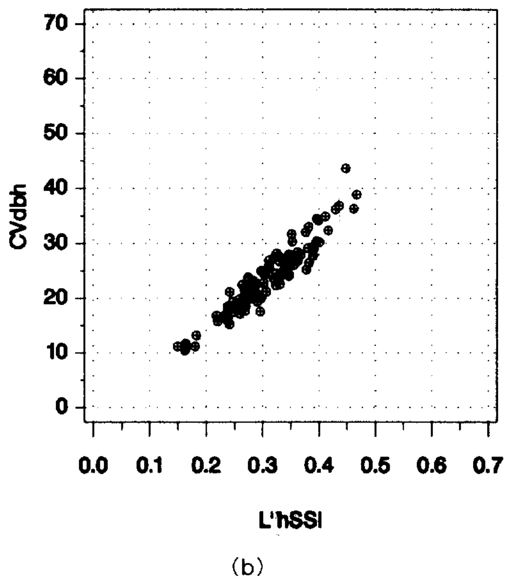


Fig. 1. Relation between horizontal stand struture index based on Lorenz curve($L'hSSI$) and Gadow's dbh-differentiation(DD3)(a), coefficient of variation of mean dbh(CVdbh)(b)

고 있다.

3. 간벌에 의한 임분구조의 변화

제벌, 간벌 등과 같은 산림시업은 임분밀도 및 경쟁상태 이외에도 임분의 구조를 변화시킨다. 일반적으로 단층림조성을 목적으로 하는 하층간벌은 임분구조의 동질성을 증가시키는 것으로 알

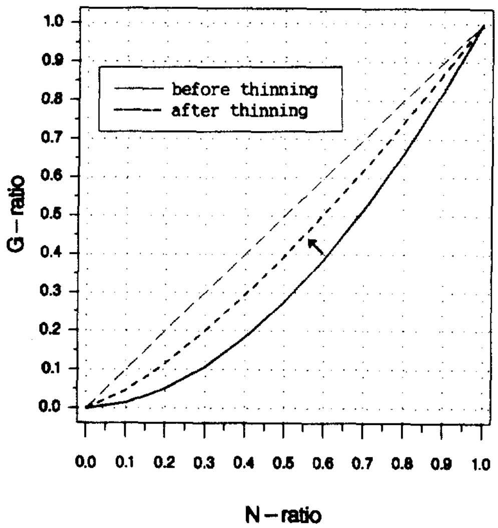


Fig. 2. Lorenzcurve before and after low-thinning in a sample plot

려져 있다(Kramer 1988). 그림 2는 한 표본점에서 약도의 하층간벌후에 나타나는 Lorenz곡선의 변화를 보여주고 있는데, 그림에는 간벌후에 임분구조의 동질성이 높아지는, 또는 다양성이 떨어지는 현상이 잘 나타나 있다.

본 연구에서 제시한 임분구조지수들이 이와 같은 현상을 잘 나타내는지를 알아보기 위해 간벌전후의 임분구조지수들을 비교해 보았다. 표 4는 약도의 하층간벌을 실시할 경우, 간벌에 의한 생장량 및 임분구조의 변화를 나타내고 있다. 간벌후 Gadow의 직경차이율은 간벌전 0.23에서 0.17로 감소되어, 하층간벌후에 임분이 동질화되는 현상을 잘 나타내주고 있었다. 또한 Lorenz 곡선원리에 의한 횡적 임분구조지수도 0.31에서 0.24로 낮아져 하층간벌후에 임분의 동질성이 높아지고 현상을 역시 잘 설명해 주는 것으로 판명되었다. 평균흉고직경의 변이계수도 간벌후에 약 25%정도 낮아져 위의 두 임분구조지수와 마찬가지로 간벌후에 나타나는 임분구조의 변화를 잘 나타내주고 있었다. Gadow의 직경차이율과 횡적 임분구조지수의 이와 같은 변화에 의하면 소나무임분에서 약도의 하층간벌을 실시할 경우, 간벌후 임분구조의 다양성은 간벌전 보다 약 25% 정도 낮아짐을 알 수 있다. 이는 역으로 동질성은 25% 정도 높아짐을 의미하기도 한다.

그림 3은 표본점별 하층간벌전후의 직경차이율

Table 4. Age, site index(SI), number of trees per ha(N/ha), dbh, Gadow's dbh-differentiation(DD3), horizontal stand structure index based on Lorenz curve(L'hSSI, L'SSI)) before and after thinning

index	thinning	Mean	Percent(%)	Std Dev	Minimum	Maximum
age		37		14.1981	18	87
SI		20.2		2.71980	10.7	27.6
N/ha	before	2099	100	1147.50	300	6000
	after	1451	70	764.407	260	3700
dbh	before	17.53	100	7.80576	7.67	43.09
(cm)	after	19.10	109	8.01276	9.56	46.29
DD3	before	0.22796	100	0.05674	0.09748	0.35533
	after	0.17175	75	0.03784	0.07307	0.27714
L'hSSI	before	0.3096	100	0.06942	0.14930	0.46709
	after	0.2391	77	0.04986	0.11151	0.37927
L'SSI	before	0.3180	100	0.07541	0.16037	0.54139
	after	0.2457	77	0.05132	0.11008	0.39857
CVdbh	before	23.813	100	6.55685	10.49060	43.6871
	after	17.855	75	4.29653	7.83110	30.1382

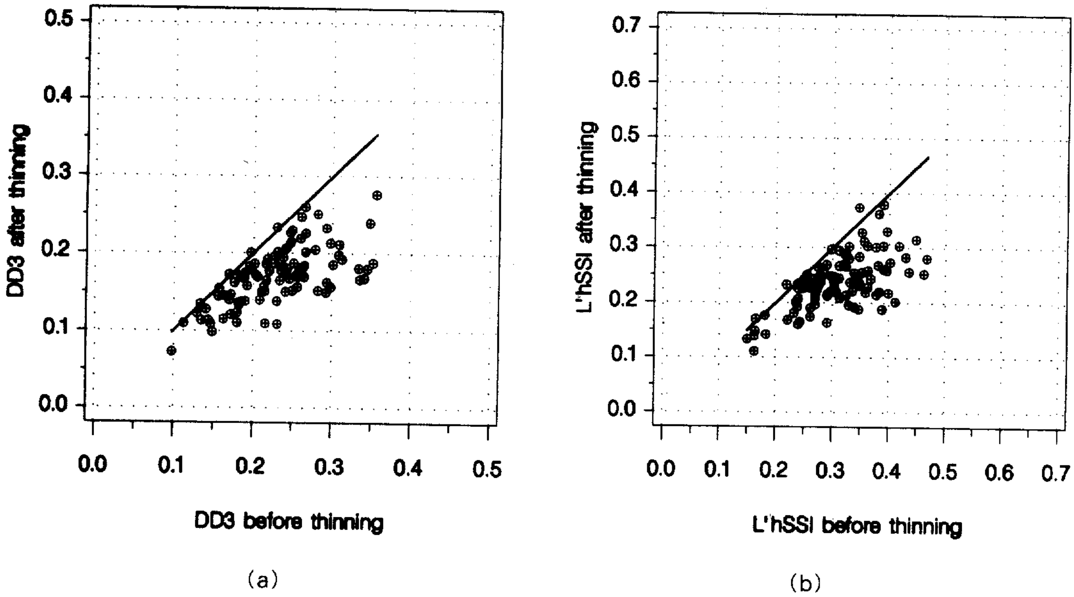


Fig. 3. Gadow's dbh-differentiation(a) and Lorenz's horizontal stand structure index(b) before and after thinning

및 횡적 임분구조지수를 나타낸 것이다. 이에 의하면 대부분의 표본점에서 하층간벌후 횡적 임분구조의 다양성이 간벌전보다 떨어짐을 알 수 있다. 또한 다양성이 증가할수록 산포의 범위가 넓은 것을 볼 때, 임분이 비동질적일수록 간벌에 의한 임분구조의 변화가 다양하게 나타남을 알 수 있다.

4. 임분구조지수의 활용

본 연구에서 제시한 직경차이율, Lorenz곡선에 의한 임분구조지수 및 평균흉고직경의 변이계수를 이용하면 임분구조를 수치로 설명할 수 있어, 임분구조를 산림경영에 객관적으로 활용할 수 있다. Füldner(1995)는 Gadow의 직경차이율을 4그룹으로 분류하여 임분구조를 서술적으로 표현할 수 있다고 하였다. 즉, 그는 Gadow의 직경차이율이 0-0.3사이면 약 다양성, 0.3-0.5사이면 중 다양성, 0.5-0.7사이면 강 다양성, 0.7 이상이면 초강 다양성으로 표현할 것을 제안하였다. 본 연구에서 제시한 임분구조지수를 위와 같이 서술형으로 표현하기 위해서는 본 연구에서 제시한 횡적 임분구조지수가 Gadow의 직경차이율의 약 1.6배 된다는 것을 고려해야 할 것이다. 예를 들어, 이러한 기준에서 본다면 임분구조지수가 0.4이하면 약 다양성(강 동질성), 0.4에서 0.7사이면 중 다양성(중 동질성), 0.7이상이면 강 다양성(약 동질성)으로 표현할 수 있을 것이다.

Gadow의 직경차이율은 입목의 공간적 배치를 고려한 지수인 반면, Lorenz곡선에 의한 임분구조지수와 평균흉고직경의 변이계수는 입목의 공간배치를 고려하지 않은 지수이다. 따라서 개체목의 위치가 파악된 위치종속조사에서는 Gadow의 직경차이율을 이용하고, 개체목의 위치를 파악하지 않는 위치독립조사에서는 본 연구에서 제시한 Lorenz곡선에 의한 임분구조지수나 평균흉고직경의 변이계수를 이용하는 것이 효율적이라 판단된다. 계산면에서는 평균흉고직경의 변이계수가 가장 쉽게 파악될 수 있다. 이에 비하면 Gadow의 직경차이율과 Lorenz곡선에 의한 임분구조지수는 그 계산과정이 복잡하지만, 이 두 지수 역시 전산프로그램을 이용하면 손쉽게 파악될 수 있다.

본 연구의 의의는 임분구조를 수치로 나타낼 수 있다는 데 있다. 본 연구에서 제시한 Gadow의 직경차이율 및 Lorenz곡선에 의한 임분구조지수는 0과 1사이의 값으로 임분구조의 다양성을 폭넓게 나타낼 수 있기 때문에 이령·혼효림과

같은 다양한 임분구조를 설명하는데 유용한 도구로 활용될 수 있을 것이다. 이와 같이 임분구조를 수량적으로 파악할 수 있게 됨에 따라 Computer 프로그램을 이용한 산림생장모델이나 각종 전산시스템구성에 임분구조를 변수로서 활용할 수 있게 되었다.

결 론

본 연구에서는 임분구조를 수치로 나타낼 수 있는 2가지 방법을 제시하였다. 우선 인접목과의 직경비율에 의해 임분구조를 파악할 수 있는 Gadow의 직경차이율을 소개하였고, 직경급별 본수비율과 단면적 또는 재적비율에 의해 형성되는 Lorenz곡선형태로 부터 횡적 임분구조지수를 유도하는 새로운 방법을 제시한 후, 이 새로운 임분구조지수를 Gadow의 직경차이율 및 평균흉고직경의 변이계수와 상호비교하였다.

Gadow의 직경차이율의 경우, 인접목수에 따른 지수간의 차이가 미미하였으며, 이에 따라 본 연구에서는 Gadow의 제안대로 3번째 인접목까지 고려한 직경차이율을 분석의 기준으로 삼았다. 본 연구에 이용된 강원도지방 소나무임분에 Gadow의 직경차이율을 적용시킨 결과, 지수값이 평균 0.23으로 나타나 선정된 표본점의 임분구조가 비교적 동질적임을 나타내었다.

Lorenz곡선원리에 의한 횡적 임분구조지수의 경우 흉고단면적을 기준으로 한 지수와 재적을 기준으로 한 지수사이에 차이가 미미하였으며, 이에 따라 본 연구에서는 흉고단면적을 기준으로 한 지수를 횡적임분구조지수(horizontal stand structure index)라 칭하고 이를 Gadow의 직경차이율과 비교하였다. 이 결과 횡적 임분구조지수와 Gadow의 직경차이율사이에는 상관계수가 0.94로 매우 높아, 두 인자가 임분구조를 수치로 표현하는 데 있어 유사성이 높은 것으로 나타났다.

Gadow의 직경차이율과 Lorenz곡선에 의한 횡적임분구조지수는 약도의 하층간벌후에 나타나는 임분구조의 변화를 잘나타내는 것으로 판명되었다. 위의 두 임분구조지수의 변화에 의하면 소나무임분에서 약도의 하층간벌을 실시할 경우, 간벌후 임분구조의 다양성은 간벌전 보다 약 25% 정도 낮아지는 것으로 나타났다.

또한 위의 두 임분구조지수와 평균흉고직경의 변이계수를 비교한 결과, 평균흉고직경에 대한 변이계수도 Gadow의 직경차이율 및 Lorenz곡선에 의한 횡적임분구조지수와 함께 임분구조를 비슷하게 설명해주는 것으로 판명되어 평균흉고직경의 변이계수도 임분구조지수로 활용될 수 있음을 시사해 주고 있다.

Gadow의 직경차이율을 추정하기 위해서는 개체목의 위치가 파악되어야 하는 반면, 본 연구에서 제시된 Lorenz곡선에 의한 횡적임분구조지수나 평균흉고직경의 변이계수는 개체목의 위치를 조사하지 않고도 임분구조를 비교적 쉽게 파악할 수 있는 특징을 지니고 있다. 그러나 Gadow의 직경차이율과 비교하면, Lorenz곡선에 의한 횡적임분구조지수 및 평균흉고직경의 변이계수는 입목의 공간분포를 고려하지 못하는 한계를 지니고 있다.

본 연구에서 제시한 직경차이율 및 임분구조지수는 0과 1사이의 값으로 임분구조의 다양성을 폭넓게 나타낼 수 있기 때문에 이령·혼효림과 같은 다양한 임분구조를 설명하는데 유용한 도구로 활용될 수 있을 것이다. 또한 임분구조를 수량적으로 파악할 수 있게 됨에 따라 Computer 프로그램을 이용한 산림생장모델이나 각종 전산시스템구성에 임분구조를 변수로서 활용할 수 있게 되었다.

참 고 문 헌

1. 변우혁 · 이우균 · 배상원 1996. 산림생장학. 유천기획. 399pp
2. 이우균 1996. 산림경영계획의 방법론적 고찰 : Ⅰ. 산림조사와 산림생장모델. 자연자원연구 4 : 29-48
3. Füldner, K. 1995. Zur Strukturbeschreibung in Mischbeständen. Forstarchiv 66 : 235-240
4. Gadow, K.v. 1992. Bestandesbeschreibung auf der Grundlage gemessener Variablen. Skript zum Forsteinrichtungsseminar München 1992
5. Gadow. K.v. 1993. Zur Bestandbeschreibung in der Forsteinrichtung. Forst und Holz 48 : 602-606
6. Gadow, K.v. and K. Füldner. 1995. Zur

Beschreibung forstlicher Eingriffe. Forstw. Cbl. 114 : 151-159
7. Kramer, H. 1988. Waldwachstumslehre. Verlag Paul Parey. 374pp
8. Lee, W.K. 1993. Wachstums- und Ertrags-modelle für *Pinus densiflora* in der Kangwon-Provinz, Korea. Dissertation, Göttingen
9. Wenk, G., V. Antanaitis, Š. Šmelko. 1990. Waldertragslehre. Deutscher Landwirtschaftsverlag Berlin. 448pp