

밤나무 재배지에서의 생물적, 환경적 요인이 밤나무 줄기마름병 발생에 미치는 영향

이상현^{1*} · 김경희¹ · 변재경¹ · 이종규² · 문병주³

¹국립산림과학원, ²강원대학교 산림자원보호학과,

³동아대학교 자연자원생명과학대학

Effects of Biological and Environmental Factors on the Occurrence of Chestnut Blight in Chestnut Tree Plantations

Sang-Hyun Lee^{1*}, Kyung-Hee Kim¹, Jae-Kyung Byun¹,
Jong Kyu Lee² and Byung-Ju Moon³

¹Korea Forest Research Institute, Seoul 130-712, Korea

²Department of Forest Resources Protection, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

³Faculty of Natural Resources and Life Science, Dong-A University, Pusan 604-714, Korea

요 약: 전국적으로 밤나무줄기마름병의 피해가 증가하여 밤나무 재배농가에 적지 않은 피해를 주고 있다. 경상남도, 전라남도, 충청남도, 경기도 지역의 밤나무 재배지에서, 병의 발생과 이와 관련된 수령, 기온, 강수량, 방위, 경사도, 토성 등 입지환경요인간의 연관성을 알아보기 위하여 다변량분석법으로 조사하였다. 36개 조사구를 선정하고 1,137본의 밤나무를 대상으로 조사하였다. 병의 발생에서 최소 하나이상의 궤양을 가진 밤나무는 66%에 달했으며 전남 순천 조사구에서는 80%로 발병율이 가장 높았고, 충남 공주 조사구는 39%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 발병율에 가장 큰 영향을 미치는 인자는 수령으로 조사되었으며, 수령 7~12년 밤나무가 발병율이 가장 높고 수령 5년 이하, 25년 이상 밤나무에서의 발병율은 현저히 낮은 것으로 조사되었다. 병원균에 의한 궤양 발생위치는 지상 1.6~2.0m에서 주로 발생하였다. 밤나무 궤양 500개 이상 시료로부터 병원균을 분리하였으며, 밤나무줄기마름병원균 *Cryphonectria parasitica*가 가장 높은 빈도로 검출되었다.

Abstract: Chestnut trees have been severely damaged by the various cankers in Korea. Field surveys for elucidating the relationships between disease occurrence and environmental factors, i.e., tree age, temperature, rainfall precipitation, direction, degree of slope, chemical properties of soils, and so on, were carried out in the chestnut tree plantations located at Gyeongnam, Jeonnam, Chungnam, and Gyeonggi-Do Province. Totally, one thousand and one hundred thirty seven trees from 36 experiment plots were investigated. Trees infected by at least one of the canker fungi were estimated up to 66%. The most severely infested area was Suncheon in Jeonnam Province with the rate of 80%, while the most lightly infested area was Kongju in Chungnam Province with 39%. Disease occurrence was found to be highly correlated with tree age. The disease occurred most frequently on trees ranged from 7 to 12 years old, while it was relatively low on trees below 5 years old or above 25 years old. Canker positions on the tree formed by the pathogenic fungi were most often at 1.6-2.0m above the ground. Over five hundreds bark samples from the canker area on the tree were collected and the pathogenic fungi were isolated. The most commonly isolated fungus was identified as *Cryphonectria parasitica*, the chestnut blight fungus.

Key words : canker, canker position, chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*, disease occurrence, environmental factors

서 론

우리나라의 유용한 유실수종인 밤나무는 농가의 주 소

득원이며, 1998년 임업통계에 의하면 재배면적이 약 79,000 ha로서 연간 약 10만톤 이상의 밤을 생산하여 14.2톤을 수출하고 있다.

밤나무는 전 세계적으로 12종이 분포하며, 종실수확을 목적으로 재배하는 밤나무는 한국 및 일본밤나무(*Castanea*

*Corresponding author
E-mail: saimonlee@empal.com

Table 1. Various sites surveyed in this study.

Province	Surveyed Area	No. of Site
Gyeongnam-Do	Sanchung Sachun 1, Sanchung Sachun 2, Sanchung Dansung, Hadong Whagyae 1, Hadong Hwagyae 2, Hadong Hwagyae 3, Jinju Michun 1, Jinju Michun 2, Jinju Jiphyun	3×3=9
Chungnam-Do	Buyeo Ensan, Buyeo Chunwha, Buyeo Gooryong, Kongju Jungan, Kongju Euidang 1, Kongju Euidang 2, Cheongryang Namyang, Cheongryang Jangpyeong, Cheongryang Jungsan	3×3=9
Jeonnam-Do	Gwangyang Jinsang, Gwangyang Sinwon, Gwangyang Okgok, Gurye Ganjun, Gurye Toji, Gurye Yongbang, Suncheon Juam 1, Suncheon Juam 2, Seungjoo Walgye	3×3=9
Gyeonggi-Do	Icheon Saeum, Icheon Sulsung 1, Icheon Sulsung 2, Ansong Geumkwang 1, Ansong Geumkwang 2, Ansong Geumkwang 3, Yangpyoung Gangsung, Yangpyoung Chungun, Yangpyoung Okchun	3×3=9

crenata), 중국밤나무(*C. mollissima*), 유럽밤나무(*C. sativa*), 미국밤나무(*C. dentata*) 등 크게 4종류로 구분된다(김선창, 1993). 우리나라에서는 1970년 이후, 밤나무 재배면적이 증가하였으나, 현재 재배지 대부분의 밤나무가 노령화와 관리부족으로 수세가 약해지고 병에 의한 피해가 증가하고 있는 실정이다. 특히 우리나라 밤나무에는 20여종의 병해발생이 기록되어 있으며, 가지 및 줄기에 마름병을 일으키는 병원균으로는 *Cryptodiaporthe castanea*, *Botryosphaeria dothidea*, *Endothia singularis*, *Pseudovalsellia modonia*, *Cryphonectria parasitica* 등이 보고되어 있고(성재모와 한상섭, 1986), 이 중 *Cryphonectria parasitica*는 밤나무를 고사시키는 주요 병원균으로 알려져 있다. *C. parasitica*에 의한 밤나무 줄기마름병은 1904년 뉴욕동물원의 미국밤나무에서 처음으로 발견된 후, 40년 간 미국 동부지역의 밤나무 임지를 황폐화시켰으며, 유럽에서는 1938년 이태리 북부지역에서 발견된 후, 이태리 전 지역 뿐만 아니라, 유럽의 다른 나라에도 빠르게 확산되었다(Martha et al., 1986). 한편 아시아에서는 1913년과 1916년에 중국 동부지역과 일본에서 각각 밤나무 줄기마름병이 처음 보고되었으며(Shear and Stevens, 1913, 1916), 우리나라에서는 이 병에 대한 최초의 보고가 1925년으로 기록되어 있으나(임업시험장, 1925), 아직 병원균의 분포, 생리, 생태 등 외에는 보고된 것이 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 밤나무 줄기 및 가지에 나타나는 마름병의 발생에 관여하는 입지환경요인을 조사하여, 이들 인자들이 병 발생에 미치는 영향을 분석하고자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사 대상지역 및 줄기마름병 발생 조사

본 연구는 우리나라 주요 밤생산 단지인 충남(공주, 부여, 청양), 경남(하동, 산청, 진주), 전남(구례, 광양, 순천), 경기(이천, 양평, 안성) 등 4개도의 각 3개 지역에서 3개 조사구씩 총 36개 밤나무재배단지를 대상으로(Table 1)

1998년 5월부터 1999년 8월까지 밤나무 가지와 줄기에 발생된 마름병과 이에 관여하는 환경요인에 대해 조사하였으며, 각 조사구는 40 m×40 m로 선정하였다. 병원균은 조사지역내 가지와 줄기에 발생된 궤양의 가장자리로부터 cork borer(직경 9 mm)를 사용하여, 수피조직을 채취한 후 배지상에서 병원균을 분리, 배양한 후 병원균의 형태적, 배양적 특징 등에 따라 동정하였으며, 밤나무에 발생된 궤양의 갯수와 위치, DBH(지상에서 1.2 m높이)를 조사하였다.

2. 입지환경요인 및 토양분석

밤나무 줄기마름병 발생에 영향을 미치는 입지환경 인자로 방위, 경사도, 연강수량, 연평균기온, 지형, 수령, DBH(지상 1.2 m) 등을 조사하였으며, 토양의 물리화학적 성질을 비교 분석하기 위해 토양시료를 채취하였다. 토양시료는 낙엽층을 걷어내고 표층으로부터 10 cm 깊이까지 시료 1 kg을 채취하여 풍건시킨 다음 2 mm체를 통과한 시료를 사용하였으며, 토양의 물리적 성질인 토성은 USDA(미국 농무성)의 Hydrometer법으로 측정하였다. 토양의 화학적 성질인 토양산도는 토양시료와 증류수의 비율을 1:5로 섞어 pH meter로 측정하였고 유기물(O.M)은 Tyurin법, 유효인산은 Lancaster비색법, 질소는 Kjeldahl법, 양이온치환용량(C.E.C)은 Brown법, 치환성양이온인 K, Na, Ca, Mg은 1N-NH₄OAc로 침출하여 여과한 후 ICP로 측정하였다(Figure 1).

3. 자료분석

병발생에 영향을 미치는 환경요인조사는 발병율(%)을 외적기준(목적변량)으로 하고 수령, 지형, 토양내 질소, 유효인산, 연강수량, 연평균기온, 방위 등 각 환경인자를 내적기준(설명변량)으로 하는 수량화 I 이론에 의한 다변량분석법을 실시하였다(손영모 등, 1990; 정영관 등, 1993). 조사된 10개 환경인자는(Table 2)에서와 같이 각 인자를 2~4개의 category로 나누어 분석하였고, Score table, Inner correlation matrix, Partial correlation table 등을 작성하였다.

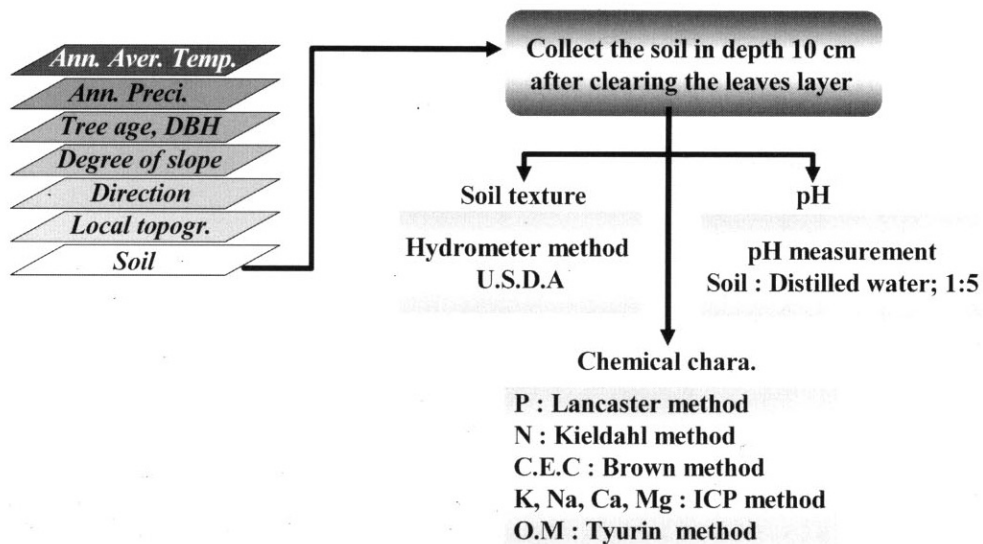


Figure 1. Data analysis scheme.

Table 2. Classification of category for biological and environmental factors in chestnut plantations.

Biological or Environmental Factors	Category Range				No. of Category
	1	2	3	4	
Tree age	>10 yr	11~20 yr	21yr<		3
DBH	>10 cm	11~16 cm	17cm<		3
Slope	>10°	11~20°	21~30°		3
Direction	N~NW	W~SW	S~SE	E~NE	4
Local topography	Piedmont	Land			2
Total nitrogen	>0.20%	0.21~0.30%	0.31%<		3
Available P ₂ O ₅	>100ppm	101~500 ppm	500 ppm<		3
Soil texture	SL, L	SiL	SiCL	CL	4
Annual average temperature	>11.9°C	12.0~12.6°C	12.7°C<		3
Annual precipitation	>1119 mm	1120~1299 mm	130 0mm<		3

결과 및 고찰

1. 밤나무줄기마름병 발생 상황조사

우리나라 주요 밤 생산지인 경남, 전남, 충남, 경기도의 12지역 36개 조사구에서 총 1,137본의 밤나무를 대상으로 줄기와 가지에 나타나는 마름증상의 유무를 조사한 결과, 줄기 및 가지에 마름증상을 나타내는 밤나무의 비율은 1,137본 중 747본으로 65.7%를 차지하였고 이 중 2~3개의 궤양부위가 관찰된 밤나무가 전체의 48%에 달하였다 (Figure 2). 또한 지상 1.2 m높이에서 평균 DBH를 조사한 결과, 줄기나 가지에 마름증상이 나타난 밤나무의 평균 DBH는 13.6 cm으로 건전한 밤나무의 평균 DBH 14.8 cm보다 다소 작게 나타났다. 줄기마름병에 의한 궤양의 발생위치는 지상으로부터 2 m까지는 높이에 따라 증가하다가 1.6~2.0 m부위에서 32.6%로 가장 많이 발생하였으며, 수고 2.1 m이상에서는 감소하는 것으로 나타났다(Figure 3).

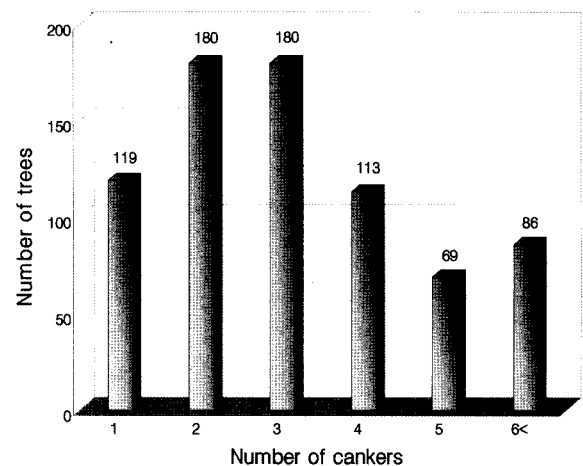


Figure 2. Comparison of the number of chestnut trees with cankers in the number of cankers formed on each tree.

2. 토양의 이화학적 성질 분석

토양의 물리화학적 성질을 분석한 결과(Table 3), 토성의 경우 경남, 전남지역은 점토와 미사의 함량이 비교적

용탈되기 때문에 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

3. 병발생에 미치는 요인분석

발병율과 각 환경요인과의 상관관계를 분석한 결과(Table 4), 발병율과 수령, 직경, 경사도 등의 관계는 부의 상관이 있음을 알 수 있었으며, 요인들 중 수령이 가장 상관이 높게 나타났다. 또한 각 요인들 간 내부상관은 거의 나타나지 않아 다중공선성이 없어 본 분석에 이용된 환경요인들의 선정은 적절하였음을 알 수 있었다.

따라서 수령이 증가함에 따라 발병율은 저하될 것임을 추정할 수 있었으나, 정확한 정보예측을 위해서는 편상관계수를 구하는 것이 바람직할 것이다.

입지환경요인과 병발생과의 관계에 있어서는 10년생 이하에서 병발생이 많았고, 수령 20년이상 밤나무에서 발병율이 낮았다. 이는 수피가 얇은 어린 나무가 동해에 걸리기 쉽고 접목부위를 통해 병원균이 쉽게 침입할 수 있기 때문으로 생각되며, 밤나무 6~8년생에 발병율이 가장 심하고 수령이 증가함에 따라 줄기마름병이 감소한다는 사실과 같은 경향을 보였다(박교수 등, 1973). 또한 DBH와 발병율 관계에 있어서도 수령과 유사한 관계가 있는 것으로 추정된다. 경사지에서 병발생이 높게 나타나는 것은 평지에 비해 지력이 얇고, 낙엽이나 유기물이 많이 함유된 표토가 유실되고, 증발작용으로 토양이 건조함에 따라 수세가 약해 줄기마름병 피해가 심한 것으로 추정되며, 경사도가 낮을수록 발병율이 높았는데, 이는 이철호 등(1992)이 보고한 내용과 차이는 있지만 줄기마름병은 대부분 동해나 서리 피해에 의해 발생된다는 Martha 등(1986)의 보고와 같이 경사도가 높은 곳보다는 낮은 곳에서 서리나 동해의 피해가 더 큰 것으로 추정되며, 줄기마름병은 동해나 서리 피해를 입은 지역에서 병발생이 높고, 이르거나 너무 늦은 서리는 아직 밤나무가 서리에 대한 대비를 하지 않은 상태에서 피해가 클지도 모른다는 Jones 등(1980)의 보고와 같이 경사도가 낮은 곳에서 피해가 더 높은 것으로 생각된다. 방위와 병발생의 관계는 서~남서, 남~남동 방위에서 발병율이 높았는데, 이는 남향은 강한 일조에 의한 건조 및 온도차가 심하고, 월동 중 동해피해를 쉽게 받기 때문이다. 또한 서향은 복사열이 심해 건조하고 피소피해를 많이 받으며, 북향은 토양 비옥도가 높고, 토양수분이 많아 한발피해의 우려가 없기 때문인 것으로 추정된다. 토양과의 관계에 있어서는 미사질양토(SiL)토양에서 병발생이 높았는데, 이 토양은 양토(L)에 비하여 점토함량이 많아 토양배수가 불량하고 한해를 받기 쉬워, 발육이 늦은 어린 밤나무의 생장이 저조하기 때문인 것 같다. 우리나라 대부분 토양은 인산이 결핍하다고 보고되어 있지만(정인구와 박승걸, 1978), 밤나무재배지에서는 비료의 과다사용으로 인산 500 ppm이상에서 병발생이 심

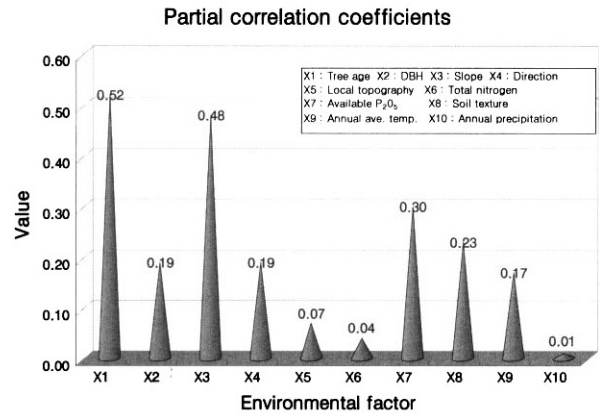


Figure 4. Partial correlation coefficients between the rate of disease occurrence and environmental factors.

Table 5. Score table of biological and environmental factors by category.

Biological or Environmental Factors	Category	Score	Range
Tree age	① 10yr	8.7409	8.7409
	② 11-20yr	5.8561	
	③ 21 yr<	0.0000	
DBH	① >10 cm	3.9782	4.1597
	② 11-16 cm	-0.1815	
	③ 17 cm	0.0000	
Degree of slope	① 10°	8.8956	18.4057
	② 11-20°	1.2190	
	③ 21-30°	-9.5101	
	④ 31°<	0.0000	
Direction	① N-NW	-0.5378	7.7248
	② W-SW	7.1870	
	③ S-SE	6.3601	
	④ E-NE	0.0000	
Local topography	① Piedmont	0.8153	0.8153
	② Land	0.0000	
Total nitrogen	① >0.20%	-0.1397	3.2049
	② 0.21-0.30%	-3.2049	
	③ 0.31%<	0.0000	
Available P ₂ O ₅	① >100 ppm	-4.7393	5.1074
	② 101-500 ppm	-5.1074	
	③ 500 ppm	0.0000	
Soil texture	① SL, L	1.1733	9.0691
	② SiL	2.4804	
	③ SiCL	-6.5887	
	④ CL	0.0000	
Annual average temperature	① >11.9°C	-11.1372	11.1372
	② 12.0-12.6°C	-8.4717	
	③ 12.7°C<	0.0000	
Annual average precipitation	① >1,119 mm	16.8372	21.0139
	② 1,120-1,299 mm	21.0139	
	③ 1,300 mm<	0.0000	

Coefficients of determination : 0.8169

한 것으로 판단되며, 일반적으로 밤나무재배에 적정 유효 인산은 100 ppm이상, 500 ppm정도로 알려져 있고, 유효

인산이 과다한 경우에는 세포막 형성이 불량하고 동해를 유발 시킨다고 보고가 되어 있다(구교상 등, 2001).

밤나무 줄기마름병의 발병율에 가장 영향을 많이 미치는 인자를 찾기 위하여, 발병율에 관여하는 환경인자에 대한 내부적 상관요인을 배제하고 다음(Figure 4)과 같이 편상관계수를 분석한 결과, 발병율에 가장 영향을 미치는 환경요인은 수령이었으며, 다음으로 경사도, 유효인산, 토성 등의 순서이었음을 알 수 있었다. 편상관계수와 앞서 Table 4에서 나타난 상관계수를 서로 연계시켜 정리해 보면, 밤나무 초기생장기가 장령, 노령기보다 줄기마름병 발병이 많을 것이 추정되므로, 어린 시기에 밤나무 줄기마름병이 발생되지 않도록 병해 예방에 노력을 기울여야 할 것으로 사료된다.

인용문헌

1. 구교상 등 15인. 2001. 밤나무 재배관리 기술. 임업연구원. pp. 366.
2. 김선창. 1993. 밤나무 주요 품종 및 교배조합별 결과특성. 고려대학교 석사학위 논문. pp. 33.
3. 농림부. 2005. 밤나무 노령임분 갱신 및 생산성 향상 기술개발 연구보고서. pp. 321.
4. 농업과학기술원. 2000. 토양 및 식물체분석법. pp. 202.
5. 박교수. 1973. 조기다수확을 위한 밤나무 재배법. 한국원예기술협회. pp. 331.
6. 변재경. 2004. 임해대립지에서 북토높이에 따른 토양환경변화 및 수목생장. 건국대학교 박사학위 청구논문. pp. 26-85.
7. 정인구, 박승걸. 1978. 밤나무 비배관리. 산림청. pp. 295.
8. 성재모, 한상섭. 1986. 밤나무의 줄기와 가지마름에 관여하는 병원균의 분리 동정. 한국식물병리학회지 2(3): 174-184.
9. 손영모, 홍종수, 정영관. 1990. 해송의 생장과 토양의 이화학적 성질간의 다변량분석. 경상대 농자원연구소보 24: 95-106.
10. 이동운, 추호열, 이상명, 이영한. 2000. 밤나무에 대한 온도, 광 및 질소시비 조건과 기존 피해 잎이 주둥무늬차색풍뎡이(*Adoretus tenuimaculatus*) 성충의 유인에 미치는 영향. 한국잔디학회지 13(3): 159-170.
11. 이철호, 윤정구. 1992. 밤나무 줄기마름병균의 동정과 발병에 미치는 요인의 영향. 농업과학연구 10(1): 87-104.
12. 정영관, 손영모, 박남창. 1993. 임목(해송)의 적지선정에 관한 연구. 한국임학회지 82(4): 420-430.
13. 정진현, 구교상, 이충화, 김춘식. 2002. 우리나라 산림토양의 지역별 이화학적 특성. 한국임학회지 91(6): 694-700.
14. 정진현, 김춘식, 구교상, 이충화, 원형규, 변재경. 2003. 한국 산림토양의 모암별 이화학적 특성. 한국임학회지 92(3): 254-262.
15. 朝鮮總督府 林業試驗場. 1925. 栗の胴枯病に就て.
16. Jones, C.G.J. Griffin and J.R. Elkins. 1980. Association of climatic stress with blight on chestnut in the Eastern United States. Plant Disease 64(11): 1001-1004.
17. Jong Kyu Lee. 1992. Biology and control of chestnut blight disease caused by *Cryphonectria parasitica* (MURR.) BARR in Massachusetts. 104 pp., Ph.D. Dissertation. University of Massachusetts, Amherst.
18. Martha K. Roane, Gary J. Griffin and John Rush Elkins. 1986. Chestnut Blight, Other *Endothia* Diseases, and the Genus *Endothia*. APS Press.
19. Shear, C.L and N.E. Stevens. 1913. The chestnut-blight fungus (*Endothia parasitica*) from China. Science. 38(974): 295-297.
20. Shear, C.L and N.E. Stevens. 1916. The discovery of the chestnut-blight fungus (*Endothia parasitica*) and other chestnut fungi in Japan. Science 43(1101): 173-176.

(2006년 1월 24일 접수; 2006년 2월 10일 채택)