韓草誌 (J. Korean Grassl. Sci.) 24(4) : 293~300, 2004

群集分析을 이용한 放牧草地 植物群落의 類似性 比較

朴根濟 · G. Spatz*

Comparison of the Similarity Among the Plant Communities of the Grazing Pasture by the Cluster-Analysis

Geun Je Park and G. Spatz*

ABSTRACT

This study was carried out to investigate the ecological behaviour, forage value and similarity among the plant communities of the grazing pasture near Witzenhausen in middle part of Germany. Sixteen plant communities of the different grazing pasture were mostly the *Molinio-Arrhenathereteea* and *Festuco-Brometea*, and those were named the class of plant sociological nomenclature. The ecological behaviour and forage value of the communities except mesobromion(half dry grassland community) were relatively good for forage production. The correlation coefficient between class No. 14 and 12 of plant communities was highest, and the similarity among the communities were greatly affected by botanical composition. The resemblance measure of the cluster-analysis by complete-linkage-method for the similarity among plant communities was better the euclidean distance than those of others. The clustering analysis showed that the communities of relatively similar botanical composition were closely grouped.

(**Key words** : Ecological behaviour, Forage value, Similarity, Cluster-analysis, Euclidean distance)

Ⅰ. 서 론

초지의 생육환경조건에는 여러 가지가 있으나 그 중에서 지표수나 지하수 등 토양수분의 급속한 변화는 植物群落을 변화시키는 중요한 요인이 된다(朴 및 Spatz, 1986). 그러나 Wilmanns (1978)는 식생변화는 식물생육에 필요한 양분의 변화가 수분보다 더 큰 영향을 미치므로 半乾燥地에 규칙적인 시비를 함으로써 우수한 초지로 변화시킬 수 있다고 하였으며, Park (1985)은 양질의 초지에 시비를 하지 않으면 비료를 좋아하는 목초는 점차 소멸되고 好肥性이 낮은 식물이 점차 우점되어 초지식생은 환경에 맞는 군락으로 변하게 된다고 하였다 (Krebs, 1985; Ellenberg 등, 1991). 따라서 초지의 환경이 불량하여 지면 저질 목초나 야초가 繁茂하게 되어 초지는 점차 생산성과 품질이 저하되며, 방치된 초지는 주위의 자연 식생에 맞게 천천히 야초지로 바뀌어 나중에는 양질의 초지와는 완전히 다른 식물군락으로 遷移된다 (Glavac, 1996). 그러므로 초지의 식생은 현재 환경에 잘 적응하는 식물들이 모여 하나의 群落을 이루고 있는 것이다(Oberdorfer, 1994).

이와 같이 초지의 환경조건(기후, 토양, 관리방법 등)에 따라 서로 다른 초지식물군락간의 類似性을 검정하여 초지관리의 기초 자료로

畜産硏究所(National Livestock Research Institute, RDA, Suwon 441-350, Korea)
* University Kassel, Department of Grassland ecology & Forage production(Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen, Germany)

이용하고자 본 연구를 수행하였다.

Ⅱ. 재료 및 방법

1. 식생조사 장소

본 연구는 독일 중부 Hessen주 Witzenhausen 지방에서 초지식물군락간의 유사성을 群集分析에 의하여 비교하여 보고자 1998년 8월부터 10월까지 수행하였다. 식생조사 대상지는 이용방법과 토양환경이 서로 다른 곳을 선정하였으며, 가급적 초지식생이 풍부하고 주로 방목으로 이용되고 있는 초지를 대상으로 하였다. 초지 이용은 연간 4~6회로서 방목과 예취를 교호로 이용하는 초지가 대부분이었으며, 반건조지 초지는 이용회수가 2~3회로서 집약적인 초지관리를 하지 않은 곳이다. 이 외 초지군락 중에는 가축에 의한 휴식지 식생과 攪亂된 식물군락 등 조사한 식물군락은 〈표 1〉에서 보는 바와 같이 16개였다.

2. 식생조사 및 분석방법

식생조사는 Klapp(1930) 방법에 의해 수행되었으며 조사면적은 15m²로 하였다(Mueller-Dombois 및 Ellenberg, 1974). 조사한 식생자료는 Ellenberg 등(1991)의 생태적 반응기준으로 분석하였으며, 생태적 반응을 기초로 한 Werner 및 Paulißen(1987)의 VEGBASE 프로그램을 이용하여 식물사회학적 분석과 생태가 및 사료가를 산출하였다. 식물군락간의 군집분석은 Wildi 및 Orloci(1996)의 RESE 프로그램을 이용하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 식물군락의 식생구성

초지식물군락을 식물사회학적 분류 등급인 軍綱(class)으로 구분한 주요 식생은 〈표 1〉에서 보는바와 같이 조사지역 1번에서 10번 군락은 비교적 집약적으로 관리된 초지인 *Molinio-Arrhenatheretea*이며, 11번에서 14번은 반건조지 초지군락으로 이용이 다소 조방적인 초지로서 식물사회학적 분류 등급은 *Festuco-Brometea*이었다. 또 15번은 양질의 초지식생이 관리 소홀로 사료적 가치가 낮아진 초지군락으로 천이途中相의 교란된 식생이었으며, 16번 군락은 동물 휴식지 식물군락으로 이 역시 천이 도중상의 교란된 식물군락으로 사료된다. 보편적으로 *Molinio-Arrhenatheretea* 군락은 사람이나 동물의 영향을 받은 초지이며(Oberdorfer, 1983), *Festuco-Brometea*는 반건조지나 間歇的으로 건조한 토양에서 주로 생육하는 군락이다. 또 *Agropyretea*는 비교적 건조하면서 알칼리토양에서 주로 생육하는 경작지 주위에 많이 번성하는 잡초군락에서 흔히 볼 수 있다(Oberdorfer, 1978).

Table 1. Sociological analysis of the plant communities

Community No. / Vegetation(Class)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Agropyretea	39.3														30.2	73.1
Molinio-Arrhenath.	60.7	100	100	71.4	100	100	47.6	100	100	100					21.0	16.5
Festuco-Brometea											100	79.9	54.2	100		
Agrostietea stoloni.															17.4	
Artemisietea															14.3	
Trifolio-Geranietea															17.1	10.4

2. 초지식물군락의 生態的 反應 및 飼料價

(1) 생태적 반응

초지의 생태적 반응은 표 2에서 보는 바와 같다. 생태적 반응 중 토양수분가는 3.59~6.25의 범위 이었으며, 반건조지 초지식물군락은 3.59~4.29로 양질의 캄그라스초지군락(*Lolio-Cynosuretum*)이나 천이 중도상의 교란된 초지식물군락의 수분가 5.00~6.25 및 5.61~6.00보다 현저히 낮았다. 또 토양반응가는 반건조지 식물군락이 7.00~7.25로 그 외의 초지군락 6.00~7.00 보다 다소 높은 경향을 보였으나 큰 차이는 없었다. 한편 토양질소가는 반건조지 초지식물군락이 3.19~4.00으로 그 외 초지의 5.29~7.00 보다 현저히 낮아 초지가 점차 부실화 되어 가고 있는 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 식물군락의 생태적 반응 중 초지에서 적당한 토양수분가 5~6, 토양반응가 6~7 및 질소가 6~7의 범위라고 한 Ellenberg 등(1991)과 같은 경향이었으며, 반 건조지 초지군락에서 토양수분가는 낮고, 반응가는 높으며 질소가는 낮았다고 보고한 朴(1995)의 결과와 일치하였다.

(2) 飼料價

한편 초지 군락의 사료가는 2.45~6.62 범위이었으며, 반건조지 초지군락의 사료가는 2.45~2.81로서 양질의 캄그라스초지군락(*Lolio-Cynosuretum*)의 4.72~6.62 보다 현저히 낮았으며, 천이 도중상의 교란된 군락의 4.02~5.32보다도 크게 낮았다. 이와 같은 결과는 식물군락의 식생구성에 의한 것으로 양질의 캄그라스초지군락(*Lolio-Cynosuretum*)에는 사료가가 높은 페레니얼 라이그라스(FV=8), 오차드그라스(FV=7), 켄터키 블루그라스(FV=8), 화이트 클로버(FV=8) 등이 많이 분포하였으나, 반건조지 초지군락에는 사료가가 높은 목초의 비율이 적거나 거의 없었고, 초지의 이용이 조방적으로 관리된 곳은 비옥도가 낮아지면서 호비성 목초가 점차 소멸되었으며, 비료를 크게 선호하지 않은 야초가 번성하는데 기인되는 것으로 이러한 결과는 Weis(1980), Park(1985), Spatz 및 Park(1985), 朴 등(1998a) 등과 같은 경향을 보였다.

Table 2. Ecological behaviour and forage value of the plant communities

Plant community	Ecological behaviour			Forage value
	Moisture	Reaction	Nitrogen	
1. *Lolio-Cynosuretum*	5.00	7.00	7.00	6.62
2. *Lolio-Cynosuretum*	5.17	6.57	6.57	6.51
3. *Lolio-Cynosuretum*	6.25	6.00	7.00	5.48
4. *Lolio-Cynosuretum*	5.71	6.00	6.00	5.61
5. Unfated *Lolio-Cynosuretum*	6.00	6.00	5.64	5.13
6. *Lolio-Cynosuretum*	5.33	6.67	7.00	6.03
7. *Lolio-Cynosuretum*	5.00	7.00	6.48	5.92
8. *Lolio-Cynosuretum*	5.00	7.00	6.06	5.68
9. Unfated *Lolio-Cynosuretum*	6.22	6.00	6.02	4.73
10. Unfated *Lolio-Cynosuretum*	6.00	6.00	5.29	4.72
11. Half dry grassland community(mesobromion)	3.59	7.00	3.19	2.45
12. Half dry grassland community(mesobromion)	4.20	7.25	3.50	2.71
13. Half dry grassland community(mesobromion)	4.29	7.32	3.72	2.63
14. Half dry grassland community(mesobromion)	4.00	7.00	4.00	2.81
15. Disturbed grassland community	5.61	6.91	6.37	4.02
16. Disturbed animal resting-place community	6.00	7.00	6.48	5.32

2. 초지식물군락의 相關

상관계수를 이용한 식물군락간의 유사성은 〈그림 1〉에서 보는 바와 같이 상관이 비교적 높아 서로 가까이 무리를 이루고 있는 것은 6개로 분류할 수 있는데, 큰 집단부터 열거하여 보면 (14, 13, 12, 11), (10, 9, 5), (8, 7, 6), (16, 15), (4, 3) 및 (2, 1) 등이다. 군락간의 유사성은 상관의 정도에 따라 차이가 있었는데 군락간에는 正(+) 또는 負(−)의 상관이 있었다. 본 그림에서는 정의 상관만 표시하였으며 상관이 비교적 높은 군락은 (11, 12, 14), (10, 9), (4, 3) 및 (2, 1) 군락이었다. 이중 상관이 가장 높은 군락은 14, 12번 군락으로 상관계수는 0.92이었으며, 다음은 3, 4번간으로 상관계수는 0.91이었고, 1, 2번과 9, 10번 군락간의 상관계수는 각각 0.86과 0.85로서 높았다.

한편 상관이 없는 식물군락으로는 7번과 9번이었으며, 반건조지의 초지군락은 다른 군락과 대부분 부의 상관을 나타내었다. 이와 같이 상관이 낮거나 부의 상관으로 나타난 것은 두 식물군락간에는 유사성이 없는 것으로 사료된다 (Park, 1985). 또 식생상태가 좋은 양질의 초지라도 관리 방법에 따라 점차 식생이 변하여 일정한 기간이 경과하면 서로 다른 식생으로 변하게 된다. 이와 같은 초지식생은 상위 그룹에서는 같은 식물군락으로 분류되지만 초지 환경에 따라 식생은 점차 달라지고 나중에는 서로 다른 초지식생으로 천이되어 간다. 따라서 식물군락의 유사성은 구성초종에 따라 크게 영향을 받고 있는 것으로 사료된다(Oberdorfer, 1994; Glavac, 1996; 朴, 1995; 朴 등, 1998b; 2002).

3. 초지식물군락의 群集分析

(1) 相關係數를 이용한 군집분석

상관계수를 이용하여 식물군락간의 유사성을

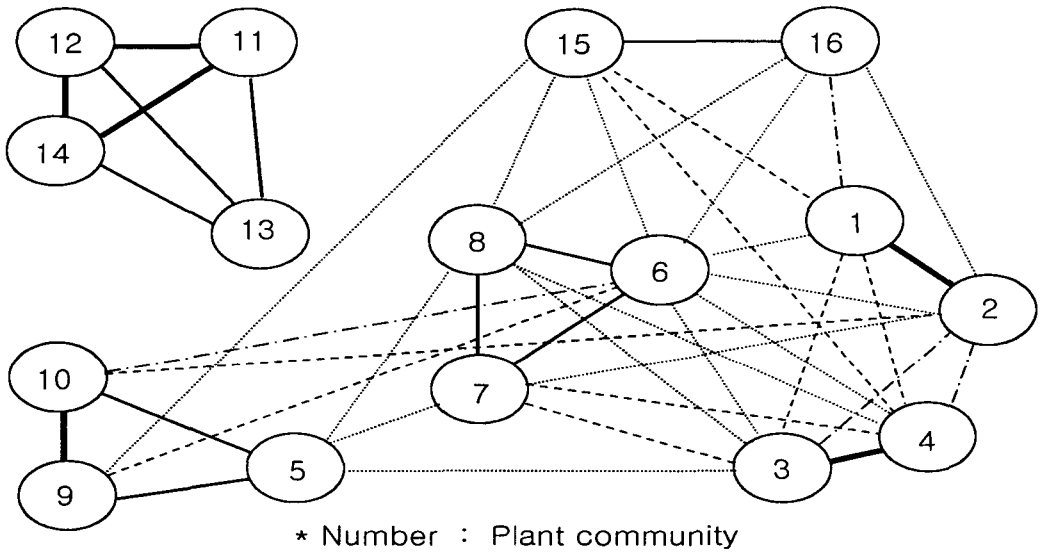

Fig. 1. Constellation between plant communities by correlation coefficient.

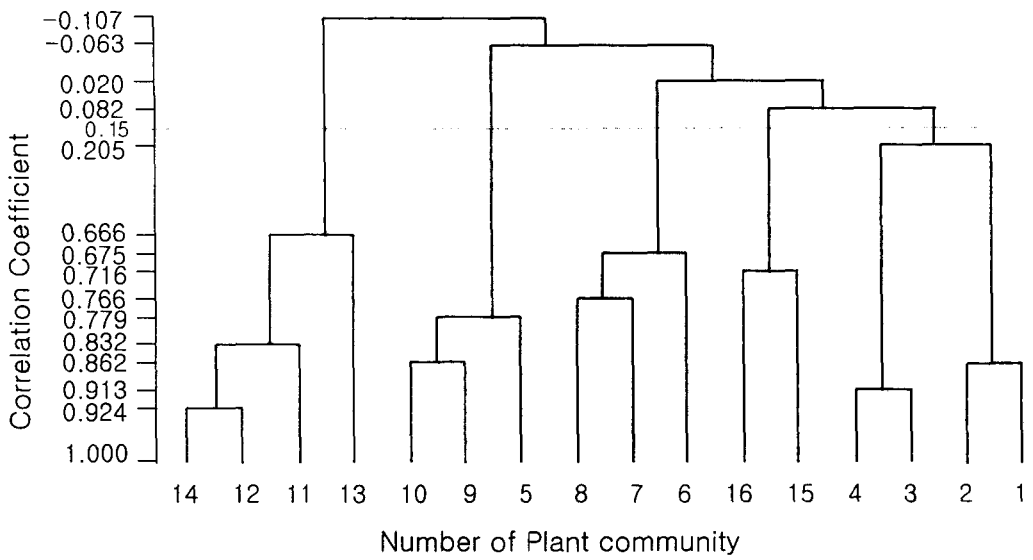

Fig. 2. Cluster-analysis dendrogram with correlation coefficient of the plant communities in the grazing pasture by complete-linkage-method.

군집 분석한 결과는 〈그림 2〉와 같이 유사성의 측도를 상관계수로 표시하였는데 1.00은 동일한 초지이고 계수가 작아질수록 유사성은 낮아진다(Wildi 및 Orloci, 1996). 상관계수를 이용한 군집분석의 유사성 범위는 -0.107~1.00이며, 평균 유사성은 0.154이었다. 평균 유사성을 기준으로 하여 식물군락의 분류하여 보면 (14, 12, 11, 13), (10, 9, 5), (8, 7, 6), (16, 15), (4, 3, 2, 1) 등의 중소집단으로 나눌 수 있다. 이들 5개 중소집단은 유사성이 낮은 상관계수 -0.107에서 하나의 대집단으로 결합되었다. 이들을 자세히 살펴보면 두 개의 큰 집단으로 나눌 수 있는데, 그 중 왼쪽에 있는 (14, 12, 11, 13) 집단은 반건조지 식물군락이며, 나머지 오른쪽의 큰 집단은 다시 4개의 중소집단으로 구성되어 있는 비교적 양질의 초지식물군락이다. 이들 중소집단을 다시 구분하여 보면 중하급초지군락 (10, 9, 5), 중상급 초지군락 (8, 7, 6), 교란된 식물군락 (16, 15)이며, 마지막의 (4, 3, 2, 1) 집단은 초지식생이 중급과 상급인 초지군락이 하나로 묶여진 것으로 전체적으로는 유사성이 낮았으나 (4, 3)나 (2, 1)집단 내의 군락간에는 유사성이 높았다.

(2) 유클리드距離係數(Euclidean distance coefficient)를 이용한 群集分析

유클리드 거리계수를 이용한 식물군락간의 군집분석은 〈그림 3〉과 같다. 유클리드 거리계수에 의한 군집분석에서 거리계수는 「0」이 가장 유사성이 높으며, 계수가 커질수록 유사성은 낮아진다(Wildi 및 Orloci, 1996). 유클리드 거리계수를 이용한 군집분석의 유사성 범위는 유클리드 거리계수 0.00~66.56이며, 평균 유사성은 44.20으로서 이때 유사성이 큰 군집은 교란된 식물군락 (16, 15), 반건조지 식물군락 (14, 12, 11, 13), 중상급 초지군락 (8, 7, 6), 중하급초지군락 (10, 9, 5), 중급(4, 3) 및 상급 초지군락 (2, 1) 로서 6개 집단으로 분류할 수 있다. 이들은 유사성이 현저히 낮은 유클리드 거리계수 66.56에서 하나의 큰 집단으로 묶어졌다.

이들을 다시 3개의 집단으로 나눌 수 있는데, 그 중 왼쪽에 있는 (16, 15) 집단은 교란된 식물군락으로 사료가는 비교적 높으나 식생이 안정되지 않은 군락이다. 다음은 (14, 11, 12, 13) 집단으로 반건조지 식물군락으로 사료가가 현저히 낮은 군락이며, 나머지 오른쪽의 큰 집

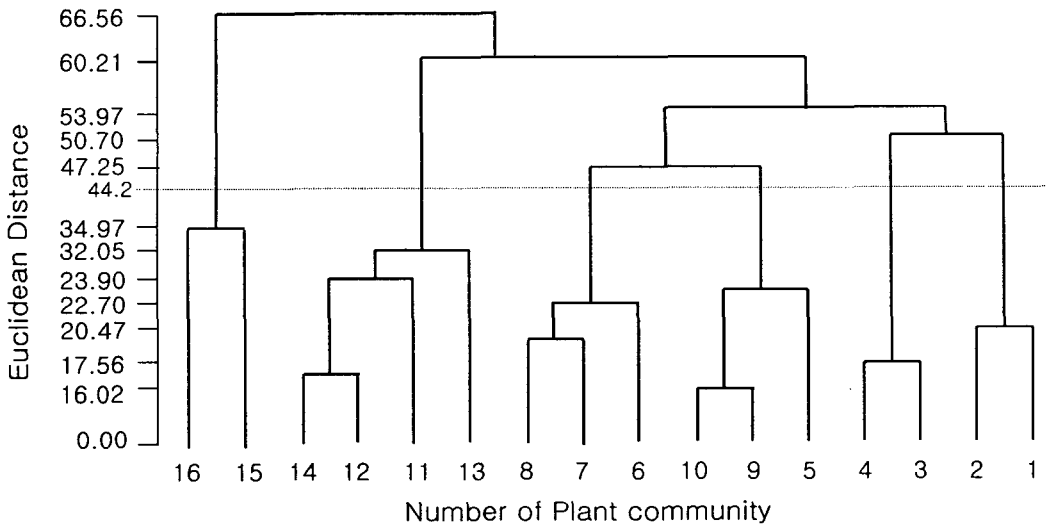

Fig. 3. Cluster-analysis dendrogram with euclidean distance of the plant communities in the grazing pasture by complete-linkage-method.

단은 다시 4개의 중소집단으로 구성되어 있는 비교적 양질의 초지식물군락이다. 이들 중소집단은 관리를 잘하고 있는 비교적 안정된 식생으로 (8, 7, 6), (10, 9, 5) (4, 3), (2, 1) 등의 중소집단으로 구성되어 있는데, 집단내의 식물군락간에는 다소 차이가 있으나 유사성이 높았다.

(3) 共分散 指數를 이용한 군집분석

공분산 지수를 이용한 군락간의 군집분석은 〈그림 4〉와 같다. 공분산 지수를 이용한 군집분석의 유사성 측도는 지수가 클수록 유사성이 높으며, 지수가 적어질수록 유사성은 낮아진다(Wildi 및 Orloci, 1996). 공분산 지수를 이용한 군집분석의 유사성 범위는 -0.656~20.30이며, 평균 유사성은 1.46이었다. 평균 유사성을 이용하여 군집을 분류하여 볼 때 반건조지 식물군락 (14, 12, 11, 13), 중하급초지군락 (9, 5, 10), 중상급초지군락 (8, 6, 7), 교란된 식물군락 (16, 15), 상급 및 중급초지군락 (2, 1, 4, 3) 등 5개 집단으로 분류할 수 있다. 이들 5개 중소집단은 유사성이 거의 없는 공분산 지수 -0.656에서 하나의 큰 집단으로 묶어졌다.

이들을 다시 살펴보면 2개의 큰 집단으로 분류할 수 있는데, 먼저 왼쪽에 있는 (14, 12, 11, 13)의 반건조지 식물군락 집단으로 사료가가 현저히 낮은 군락이며, 그 오른쪽에 있는 큰 집단은 다시 4개의 중소집단으로 묶여져 있는데 이들 군락은 사료가가 비교적 높은 초지식물군락으로 구성되어 있다. 이들은 가축의 이용성이 높은 군집으로서 (9, 5, 10), (8, 6, 7), (16, 15), (2, 1, 4, 3) 등으로 구성되어 있는데 이들 집단내의 식물군락간에는 유사성이 높았다. 특히 교란된 식물군락집단내의 16, 15 군락간에는 다른 유사성 측도를 이용한 군집분석보다 유사성이 높았으며, 이외 다른 중소집단 내에서도 군락간의 유사성에 다소 차이가 있는 것으로 나타났는데 이러한 결과는 같은 식물군락으로 분류하더라도 자생하는 전체 초종의 수, 같은 종류의 초종 수와 점유 비율 등에 따라 군락간의 유사성에 차이가 있었다고 보고한 Spatz(1970)나 Pletl(1980)의 결과와 비슷한 경향을 보였다.

이상과 같이 군집분석을 이용하여 식물군락간의 유사성을 서로 비교하여 보았는데, 같은 군집방법(완전연관법)이라도 유사도 측도에 따라 군집의 형태나 중소집단내의 군락간의 유사성에 다소 차이가 있었다. 이와 같이 측정 방법에 따라 군락간의 유사성이 서로 다른 것은

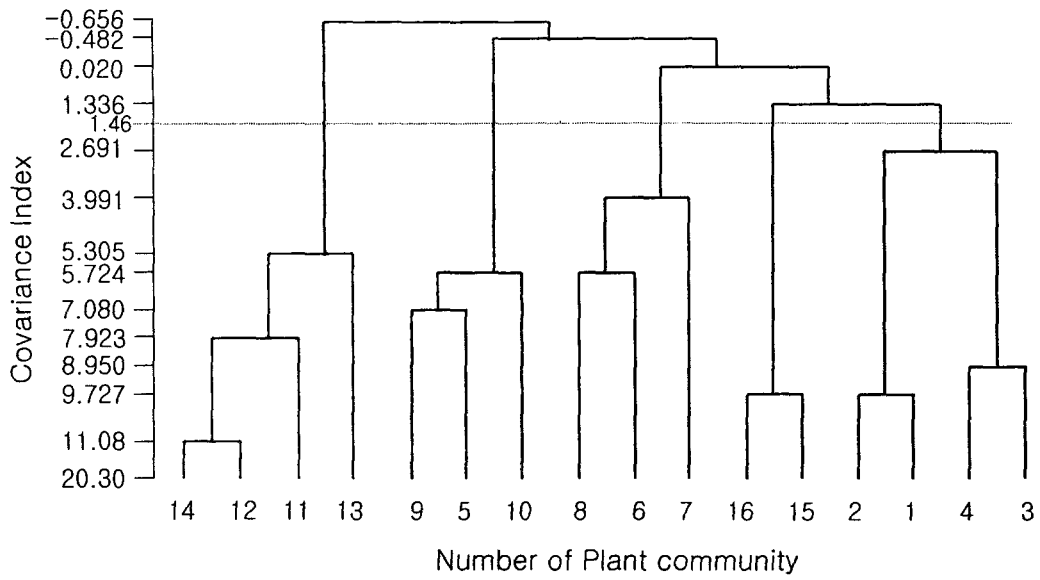

Fig. 4. Cluster-analysis dendrogram with covariance index of the plant communities in the grazing pasture by complete-linkage-method.

같은 종류의 식물군락에서도 자생하는 식물상이나 동종의 초종 수, 점유 비율 등이 군락간의 유사성에 영향을 미쳤던 것으로 사료된다(Spatz, 1970; Pletl, 1980). 따라서 군집분석시에는 식물군락의 특성을 고려하여 어떤 측도로 유사성을 검정할 것인지를 미리 결정하여야 할 것이다(Pletl, 1980).

군집분석에서 유사성이 높은 집단의 식물군락을 분류 단계별로 고찰하여 보면 1, 2번 군락은 *Cynosurion* 群團(alliance)이 각각 60.7 및 66.1% 우점되어 群綱에 비하여 매우 유사한 군락으로 서로 천이되어 가고 있으며, 3, 4번 군락의 우점식생은 *Molinio-Arrhenatheretea* 群綱으로 각각 100 및 71.4% 우점된 군락이었다. 5, 9, 10번 군락은 우점식생이 100% *Molinio-Arrhenatheretea*이나 오랫동안 관리가 소홀하여 사료가치가 낮은 초종이 비교적 많아 유사성이 높은 것으로 분류되었다. 또한 6, 7, 8번 군락의 우점식생은 *Arrhenatherion elatioris* 群團(alliance)으로 우점 비율은 각각 66.9, 47.6 및 68.6%로서 군락간에 점유비율이 다소 차이가 있으나 7, 8번 군락간에는 유사성이 높았고, 6번 군락은 이들 군락과 유사성이 조금 낮은 것으로 나타났다. 11, 12, 13, 14번 군락의 유점식생은 Festuco-Brometea 群綱(class)으로 우점비율은 각각 100, 79.9, 54.2 및 100% 반건조지 식물군락의 생태적 특성을 나타내었다(Oberdorfer, 1994). 이외 교란된 식물군락 15, 16번은 *Agropyretea, Molinio-Arrhenatheretea, Trifolio-Geranietea* 등의 群綱(class)으로 구성된 군락으로 양질의 캄그라스초지군락(*Lolio-Cynosuretum*)이 오랫동안 관리가 잘못되어 식생이 변하였거나, 동물의 휴식지 식생의 잡초군락으로 천이되어가는 途中相인 것으로 보인다.

또 초지에서 많은 부분을 차지하고 있는 *Molinio-Arrhenatheretea* 군락은 시비, 예취, 방목 등 인간과 가축의 영향을 받은 초지이다(Oberdorfer, 1983). 이 초지는 관리 이용하는 초지로서 채초지와 방목지는 물론 浴草로 이용하는 초지까지 포함될 수 있으며, 적습한 곳에서 비교적 습한 곳에 이르기까지 폭넓은 범위의 양질의 초지이다. 그러나 *Festuco-Brometea*는 이와 반대로 건조지의 알칼리성 토양에서 주로 자생하는 군락으로서 예취와 방목지로서 이용되던 초지가 관리소홀로 현재의 반건조지 초지군락으로 식생이 변화된 것으로 사료된다

(Oberdorfer, 1978).

Ⅳ. 적 요

방목초지 식물군락에 대한 생태적 특성을 검정하고 군집분석을 이용하여 군락간의 유사성을 검정하고자, 1998년 8월부터 10월까지 독일의 중부지역인 Witzenhausen 근교에서 조사한 초지 식물군락을 Kassel 대학교 초지생태 연구소에서 컴퓨터 프로그램을 이용하여 분석하였다. 16개 지역의 초지에서 조사한 식생을 群綱(class)으로 분류한 식물군락은 대부분 *Molinio-Arrhenatheretea* 및 *Festuco-Brometea* 초지군락이었으며, 반건조지 식물군락을 제외한 초지 식물군락의 생태적 반응과 사료가는 군락에 따라 다소 차이가 있었으나 조사료 생산에 적당하였다. 식물군락간 正의 상관은 14과 12번 군락이 가장 높았고, 7번과 9번 군락간에는 상관이 없었으며, 반건조지 식물군락은 다른 군락과 負의 상관을 나타내었다. 완전연관법에 의한 군집분석의 유사성 검정 측도는 유클리드 거리계수를 이용하는 것이 좋았으며, 식생구성이 비슷한 군락이 서로 群集을 형성하였다. 유사성이 높은 중소집단은 攪亂된 식물군落 (16, 15), 반건조지 초지군락 (14, 12, 11, 13), 중상급초지군락 (8, 7, 6), 중하급초지군락 (10, 9, 5), 중급 (4, 3), 상급초지군락 (2, 1) 등 6개 집단으로 분류되었다.

Ⅴ. 인 용 문 헌

1. 朴根濟. 1995. 自然草地에서 植生構成比率에 의한 植物群落間의 類似性. 韓草誌 15(2):87-92.
2. 朴根濟, G. Spatz. 1986. 自然草地 植物群落의 飼料價値와 植生圖 作成. 韓草誌 6(2):91-96.
3. 朴根濟, 尹世炯, 李種京, 金孟重, 姜宇成. 1998a. 管理를 中斷한 山地草地의 生態的 特性에 관한 硏究. Ⅰ. 管理를 中斷한 山地草地의 植生構成, 生態的 反應 및 飼料價의 變化. 韓草誌 18(4): 329-336.
4. 朴根濟, 李種京, 尹世炯, 金孟重, 金正甲. 1998b. 管理를 中斷한 山地草地의 生態的 特性에 관한 硏究. Ⅱ. 管理를 中斷한 山地草地의 植生遷移에 관한 硏究. 韓草誌 18(4):337-344.
5. 박근제, T. Fricke, G. Spatz. 2002. 放牧草地의 植物群落에 대한 生態的 特性과 類似性 檢定에 관한 硏究. 韓草誌 22(3):187-194.
6. Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Düll, V. Wirth, W. Werner und D. Paulißen. 1991. Scripta Geobotanica. Volume 18, Indicator values of plants in Central Europe, 67-166.
7. Glavac, V. 1996. Vegetationsökologie. Gustav Fischer, Ulm, 250-263.
8. Klapp, E. 1930. Zum Ausbau der Graslandbestandesaufnahme zu landwirtschaftlichen Zwecken. Pflanzenbau 6:197-210.
9. Krebs, C. J. 1985. Ecology. Haper & Row, New York, 486-506.
10. Mueller-Dombois, D. and H. Ellenberg. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, 45-54.
11. Oberdorfer, E. 1978. Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil Ⅱ. 86-96
12. Oberdorfer, E. 1983. Süddeutsche Pflanzengesellschaften Teil Ⅲ. 346-347.
13. Oberdorfer, E. 1994. Pflanzensoziologische Exkursionsflora. Eugen Ulmer, 326-332.
14. Park, G.J. 1985. Ökologische und pflanzensoziologische Untersuchungen von Almweiden der bayerischen Alpen unter besonderer Berücksichtigung der Möglichkeiten ihrer Verbesserung. Diss. TU München-Weihenstephan: 144-158.
15. Pletl, L. 1980. Biometrische Klassifikation und Ordination von vegetationskundlichen Bestandesaufnahmen und Standortmerkmalen auf Allgäuer Alpweiden. Diss. TU München-Weihenstephan: 43-74.
16. Spatz, G. 1970. Pflanzengesellschsften, Leistung und Leistungspotential von Allgäuer Alpweiden in Abhängigkeit von Standort und Bewirtschaftung. Diss. TU München- Weihenstephan: 35-67.
17. Spatz, G. and G.J. Park. 1985. Investigation on the ecology and the forage value of a sheep grazed skiing slop. Proceeding of the XV IGC, 1201-1202.
18. Weis, G.B. 1980. Vegetationsdynamik, Ertragsleistung und Futterqualität unter-schidlich bewirtschafteter Almweiden. Diss. TU München-Weihenstephan.
19. Werner, W. und D. Paulißen. 1987. Datenbank der Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas nach Ellenberg und deren Auswertung mit dem Personal Computer. Geobotanik, Uni. Düsseldorf, Program VEGBASE, Manual, 1-20.
20. Wildi, O. and L. Orloci. 1996. Numerical exploration of community patterns. A guide to the use of MULVA-5. Academic Publishing b.v., Amsterdam.
21. Wilmanns, O. 1978. Ökologische Pflanzensoziologie. Quelle & Meyer, Heidelberg, 182-187.