

# 琉球大学学術リポジトリ

## 花棒の生態分化について： 耐乾性植物の花棒に関する基礎研究 (I)

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): 花棒, 砂漠植物, 生態型, 分化 キーワード (En): Hedysarum scoparium, posammophyte, ecotype, dissociation 作成者: 趙, 廷寧, 翁長, 謙良, 宜保, 清一, Zhao, Tingning, Onaga, Kenryo, Gibo, Seiichi メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/20.500.12000/3672">http://hdl.handle.net/20.500.12000/3672</a>

花棒の生態分化について  
—耐乾性植物の花棒に関する基礎研究( I )—

趙 廷寧\* · 翁長謙良\*\* · 宜保清一\*\*

Tingning ZHAO\*, Kenryo ONAGA\*\* and Seiichi GIBO\*\*  
: On the dissociation of *Hedysarum scoparium*

A fundamental research on the *H. scoparium*, a specie of posammophyte (I)

キーワード : 花棒, 砂漠植物, 生態型, 分化

Key words : *Hedysarum scoparium*, posammophyte, ecotype, dissociation

### Summary

*Hedysarum scoparium*, one of posammophyte naturally distributed in the deserts of central Asia, are widely afforested in the desert or sandy land of northwestern china for combating desertification. As of vast distribution scope, the *H. scoparium* differs quietly in different areas. In this paper, firstly, we tried to divide the *H. scoparium* by the method of cluster analysis based on the morphological data set of branch and leaf sampled from both of its' natural distribution and introduced areas, then discussed it's dissociation process according to the observation to the seedling growth process and results of primary component analysis on the climatic characteristics across the whole area of distribution. It was founded that, 1), *H. scoparium* can be divided into two ecotypes, i.e. non-leaflet and poly-leaflet ecotypes; 2), these two ecotypes differs mainly in the amount and rate of compound leaf and needle-like leaf; 3), the morphological variation process differs from each other of these two ecotypes in the seedling stage; 4), the dissociation of *H. scoparium* could be due to the climatic change in ancient time.

---

\*北京林業大学 (琉球大学客員研究員)

\*\*琉球大学農学部生産環境学科

## 緒 言

花棒 (*Hedysarum Scoparium Fisch et May*) は豆科の灌木で、アジア中部の砂漠、半砂漠地域に生長している植物である。地理的には北のモンゴル国の烏蘇湖(北緯50°)から南の中国の毛烏素砂地(北緯37° 13′)、東の庫布齊砂漠から(東経108°)西の準格爾盆地(東経87°)にかけて見られ、主に巴丹吉林砂漠、騰格里砂漠、古尔班通古特砂漠、寧夏回族自治区にある河東砂地、烏蘭布和砂漠、庫布齊砂漠の西部、青海省の局地に分布しているが、特に巴丹吉林砂漠に集中している。天然分布区域においては、花棒は不連続的に流動砂丘、半固定砂丘、ゴビの水食溝、低地沙漫灘に生長しており、甘肅省にある河西走廊東部の低山・残丘にも散在しており、広面積の花棒林がまだ見られていない。

花棒は乾燥に耐えて適性が強く、経済性が高いため、従来、中国の重要な砂漠緑化植物として研究と生産において重視されている。現在、毛烏素砂地、遼寧省の西遼河砂地、新疆の莫索湾等の地域に導入され、幅広く植栽されている。また、近年、黄土高原への順化および毛烏素砂地への飛行播種試験も成功した。

従来、花棒に関する研究は、殆んどが栽培技術、砂地固定効果、耐乾燥生理特性などであったが、花棒の形態変異についての研究は寡少である。漆建忠は花棒の分布区域に有葉型、無葉型、疎葉型の三類型が存在し、類型別の収穫量、生長度等が異なると指摘している<sup>1)</sup>。馮顕遠は花棒を有葉型と無葉型に分け、無葉の方が耐乾燥性が高いと指摘した<sup>2)</sup>。これらの分類はすべて直感的なものであるが、類似的な知見が他の文献にも引用されている。花棒の形態差異が顕著に存在するが、どのような方法で、又はどんな指標により、幾つの類型に区分するかについて、かなり曖昧の段階にある。かつ、異なる類型別の花棒の生態・生理的な差異に関する定量的な研究もほとんどなされていない。

本研究では、地域別に分布する天然・導入花棒の形態特徴を調査し、調査指標により統計方法で類型の区分を定量的に行った。また、異なる類型別花棒の形態差異、播種苗の形態変化過程を考察した。さらに気候変遷に及ぼす花棒の生態分化要因と分化過程も検討した。

## 調査及び分析方法

### 1 花棒株の調査

線状トランセクト法により、天然花棒が生長している寧夏回族自治区中衛県の沙坡頭および甘肅省安西県において、砂丘チーエン方向に垂直な調査線をそれぞれ4,000mと3,750m設置した。両調査線からランダムに23株と13株の花棒をそれぞれ選択した。野外で株ごとの類属、皮の色、樹皮が裂けるか否か等の定性的な形態特徴を記録した後、株の中段にある東西南北方向の生長中等の一年生枝を切り取る。枝を実験室に持ち帰ってTable 1に示めされる形態指標を定量的に調べる。各一級枝には二本の二級枝を、二級枝には二本の三級枝を測定する。二、三級枝はそれ上の級枝の下段と中上段から選んだ。同様な方法で、陝西省榆林県の導入花棒林においても45株の花棒を調査した。

### 2 花棒苗の形態変化過程の観測・調査

寧夏回族自治区の中衛県から採集した花棒の種を浸漬・発芽促進した後、砂土入りビニール箱に播き、出苗半月後に間引き、箱毎に3~4株を残し、苗木の生長リズムを調査した。

### 3 天然花棒分布区域における気象資料の収集

経緯度、標高の変化による気候の変化を考慮し、花棒の天然分布区域において、選択された51個所の気象観測所から年平均気温、一月の平均気温、七月の平均気温、10℃以上の年積算温度、春季の乾燥度 (aridity)、年平均乾燥度、連続最多無降水日数、年平均相対湿度、年平均風速、最高気温、最低気温、年平均降水量、年平均蒸発量などの13気象要素に関する資料を収集した。

Table 1 花棒の株の形態調査指標  
The morphological items of *H. scoparium* investigated for cluster analysis

番号	指 標	番号	指 標	番号	指 標
1	二級枝の枝数	15	三級枝の枝数	29	四級枝の枝数
2	一級枝の長さ	16	二級枝の長さ	30	三級枝の長さ
3	一級枝の節間距離	17	二級枝の節間距離	31	三級枝の節間距離
4	単葉の数	18	単葉の数	32	単葉の数
5	単葉の百分率	19	単葉の百分率	33	単葉の百分率
6	単葉の長さ	20	単葉の長さ	34	単葉の長さ
7	複葉の数	21	複葉の数	35	複葉の数
8	複葉の百分率	22	複葉の百分率	36	複葉の百分率
9	小葉の数	23	小葉の数	37	小葉の数
10	小葉の長さ	24	小葉の長さ	38	小葉の長さ
11	葉軸の長さ	25	葉軸の長さ	39	葉軸の長さ
12	針状葉の数	26	針状葉の数	40	針状葉の数
13	針状葉の百分率	27	針状葉の百分率	41	針状葉の百分率
14	針状葉の長さ	28	針状葉の長さ	42	針状葉の長さ

## 結果及び分析

### 1 花棒生態型の区分

#### 1.1 天然花棒の分類

##### 1.1.1 天然花棒のクラスター分析

Table 1に示す天然花棒の42形態指標を基に、ユクリッド距離 ( $D_{jk} = (x_{ij} - x_{ik})^2$ ) を株間の相似性示度としてウオード法を用い、花棒の合併・分類を行った。クラスタ結果をFig.1に示す。36株の花棒は、 $D^2=1332$ において二種類に、 $D^2=490$ のレベルで三種類に分けられる。二種類に分類する $D^2$ 値が三種類の $D^2$ より遙かに大きいことおよび、直観形態から分類し易いことを考えて、二種類に分類する方が適当であると考えた。

クラスタ図を見ると、第一種類に属する花棒は、中衛から採取したNo.15を除いて、他(No.26~No.36)はすべて安西から採ったもので、第二種類に属するNo.1~No.14及びNo.16-No.25は中衛からのものである。天然花棒の形態特徴によって、筆者らは第一種類を無小葉花棒 (Photo. 1) を、第二種類を多小葉花棒 (Photo. 2) と呼ぶことにした。

##### 1.1.2 天然花棒の形態区別

多くの指標から、形態差異の形成する主な指標を検出するため、即ち類型別の花棒の形態区別が何であるかについて、調査指標に対して主成分分析(PCA)を行った。第一主成分は寄与率が最も大きく全情報の45.1%を占め、第二主成分が全情報の19.1%を占めた。

ここでは、第一主成分について検討しよう。第一主成分にはTable 2に示す22の指標を含有している。第一主成分の指標は、ほとんど単葉以外のものである。単葉の指標と、一級、二級、三級の枝に共に低い値が示される指標を除いて、他の指標に対して変差分析を行った。分析結果をTable 3に示す。二種類の花棒は、二級枝の節間距離、三級枝の長さ、三級枝上の針状葉数において顕著な有意性がないが、一級枝上の複葉の葉軸長、二級枝の長さ、二級枝上の針状葉数、三級枝の節間距離において顕著な有意性が存在する。一級枝の長さ、一級枝の節間距離、二級枝数、三級枝数、三級枝の節間距離、四級枝数、一級枝上の複葉数、複葉の割合、小葉数、小葉の長さ、葉軸の長さ、二級枝上の複葉の割合、一級枝上の針状葉数と割合、三級枝上の針状葉の割合などの指標において極めて顕著な有意性があり、各指標の平均値は一級枝の長さ~三級枝上の複葉の14パーセント指標で無小葉花棒が多小葉花棒より

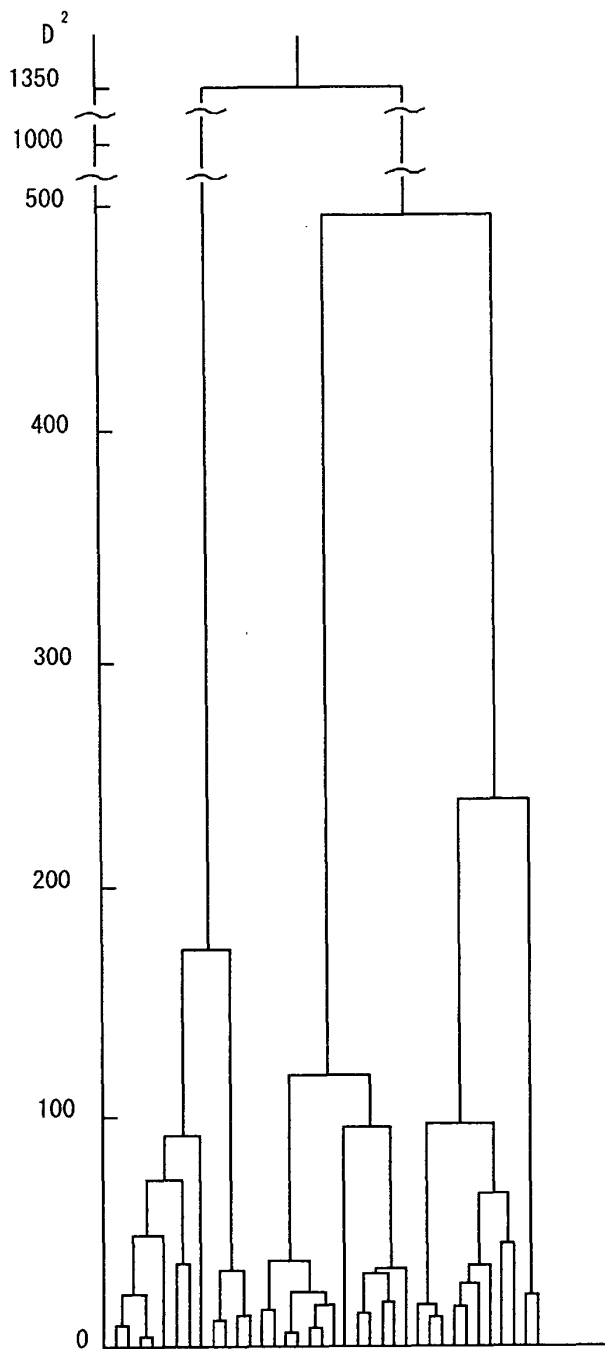


Fig.1 天然花棒のクラスタ図  
Clustering dendrogram of the *H. scoparium*  
naturally distributed in desert

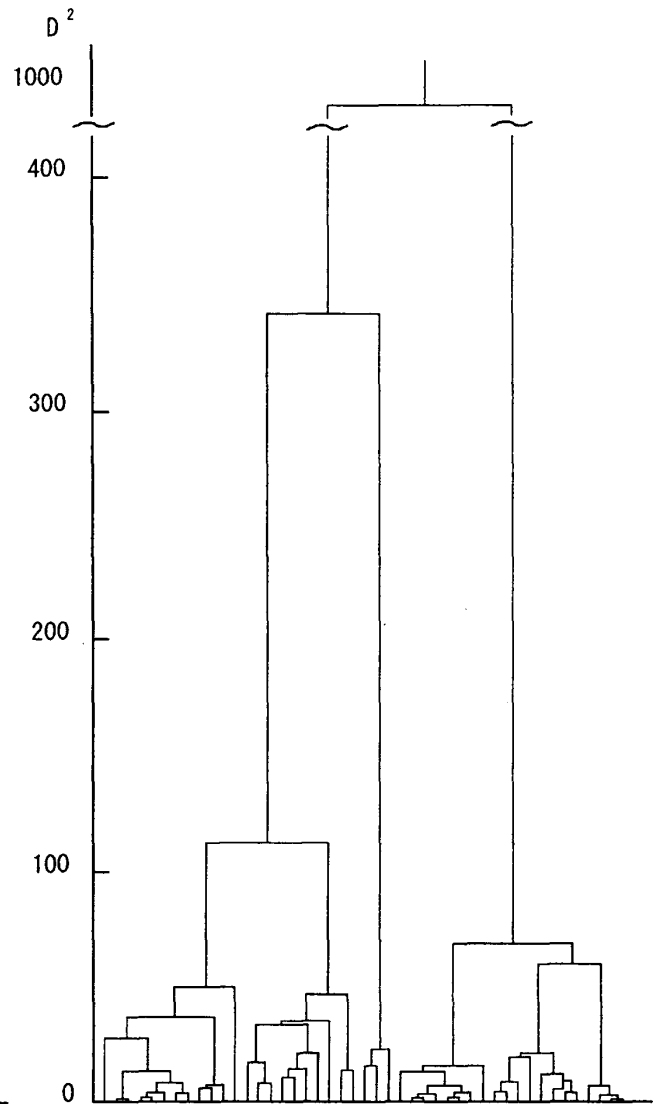


Fig.2 榆林に導入した7歳花棒のクラスタ図  
Clustering dendrogram of the introduced *H.*  
*scoparium* in Yulin sandy land

小さいが、それと逆に一級枝上の針状葉数と割合、三級枝上の針状葉の割合で無小葉花棒が多小葉花棒より大きい。

二種類花棒の枝葉の主要区別を明らかにした結果はTable 4に示した。

## 1.2 榆林県における導入花棒の分類

### 1.2.1 導入花棒のクラスター分析

1.1と同様な方法を用い、榆林県で調査した45株の導入花棒に対してクラスター分析を行った。ただ、一、二級枝上の二、三級枝数、葉軸の長さおよび三級枝上の項目のすべてについては調べなかったため、



Photo. 1 天然無小葉花棒  
Non-leaflet ecotype of *H. scoparium* naturally distributed in desert



Photo. 2 天然多小葉花棒  
Poly-leaflet ecotype of *H. scoparium* naturally distributed in desert

Table 2 第一主分量に含まれている指標  
The morphological items constituting 1th primary component

一級枝	二級枝	三級枝
二級枝の枝数	三級枝の枝数	複葉の数
一級枝の長さ	複葉の数	複葉の百分率
一級枝の節間距離	複葉の百分率	小葉の数
複葉の数	小葉の数	小葉の長さ
複葉の百分率	小葉の長さ	葉軸の長さ
小葉の数	葉軸の長さ	針状葉の百分率
小葉の長さ	針状葉の百分率	
針状葉の数		
針状葉の百分率		

分析に際しては、天然花棒の42指標と異なり24指標を使用した。

分類結果はFig.2に示すとおりである。45株の花棒は、 $D^2=1031$ のレベルにおいて、2種類に、 $D^2=343$ では3種類に分けられる。二種類に分類する $D^2$ 値が三種類の $D^2$ より遙かに大きいことおよび、直観形態から分類し易いことも考えれば、天然花棒と同じ無小葉花棒と多小葉花棒の二種類に分類される。

### 1.2.2 導入花棒の形態区別

二種類花棒の各指標の統計結果をTable 5に示す。二種類花棒の枝葉の主要区別はTable 6に纏められている。

二種類花棒の主な区別は、各枝上の複葉数、複葉の割合、小葉数、小葉の長さ、針状葉数、針状葉の割合などにある。中衛、安西に比して、榆林は降水量が多く(それぞれの2.24と9.1倍である)、他の環境条件も良いため、二種類花棒は、一級枝上の二級枝数、一級枝の長さ、一級枝の節間距離、単葉の割合、針状葉の長さなど指標において、天然花棒とやや異なる形態特徴を示している。天然花棒では各級枝上の次級枝数、枝の長さ、節間距離等においては、多小葉花棒が無小葉花棒より大きいが、導入花棒では、二種類花棒は各指標の平均値が近似し、或いは無小葉花棒の方が多小葉花棒よりやや良いと言える。これは無小葉花棒が多小葉花棒に比べて生長ポテンシャルが大きいことを示唆し、良好な環境条件下だけで現われるものである。

Table 3 天然花棒の形態調査結果  
The morphological comparisons of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium* naturally distributed in desert

形態指標	平均値		統計検定			
	無小葉花棒	多小葉花棒	名称	統計量	有意性	F1—F2
二級枝の数	9.0	19.0	F	7.7	**	3.6
一級枝の長さ	43.6	100.5		84.2	**	80.1
一級枝の節間距離	3.9	6.2		48.3	**	44.6
複葉の数	2.0	16.0		100.9	**	96.8
複葉の百分率	11.0	87.1		172.5	**	168.4
小葉の数	4.0	6.0		25.9	**	21.7
小葉の長さ	1.1	2.5		119.7	**	115.5
葉軸の長さ	4.6	7.2		7.4	**	3.2
針状葉の数	8.0	2.0		19.6	**	15.3
針状葉の百分率	88.2	2.4		277.7	**	273.5
三級枝の数	4.0	7.0		30.2	**	26.6
二級枝の長さ	20.1	24.6		7.1	*	3.0
二級枝の節間距離	3.5	3.4				
複葉の数		7.0				
複葉の百分率	0.0	70.1		80.4	**	70.1
小葉の数		5.0	F			
小葉の長さ		2.0				
葉軸の長さ		6.3				
針状葉の数	5.0	4.0		4.3	*	6.6
針状葉の百分率	100.0	23.4		70.7	**	0.1
四級枝の数		2.0				
三級枝の長さ	3.1	2.4		0.8		
三級枝の節間距離	0.3	0.8		6.1	*	1.9
複葉の数		2.0				
複葉の百分率	0	57.7		30.8		26.2
小葉の数		4.0				
小葉の長さ		1.2				
葉軸の長さ		5.6				
針状葉の数	3	2.0		0.9		
針状葉の百分率	99.0	32.6		15.0	**	11.5

注： \*  $\alpha=0.05$ 、\*\*  $\alpha=0.01$ 、長さ単位は cm である。

天然花棒および導入花棒がともに二種類に分けられることから、花棒形態の変化は偶然なものではなく、長期間に一定の環境に適応して生長するため、生態分化を生じて、遺伝的に表われたことがわかる。

## 2 生態型別花棒播種苗の形態変化過程

中衛県、安西県で天然花棒を無小葉花棒と多小葉花棒の両生態型に分けてそれぞれの種を採取し、砂土入りビニール箱に播いてその生長過程を調べた。Fig.3に両生態型の単株花棒苗の葉数の変化を示す。播種後の14日目から29日目まで、両生態型花棒の葉数がともに徐々に増え、ほぼ同じレベルである。29日目から多小葉花棒の葉の増加の速度が無小葉花棒より速くなり、64日目までの間、前者が後者より多い葉数を示している。64日目から、多小葉花棒の葉増加速度が遅くなるに対して無小葉花棒の葉数は急速に増加し、122日目には、無小葉花棒葉の117が多小葉花棒葉の45より72枚多い。

観察によって、発芽後の二ヶ月間、両生態型の花棒の葉がともに長披針形の単葉である。多小葉花棒は単葉の長さ、幅が無小葉花棒より大きい、長さとの比例値が小さい(Table 7)。二ヶ月以降には

Table 4 天然花棒の主な形態区分  
Main morphological differences between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium* naturally distributed in desert

	無小葉花棒	多小葉花棒
複葉	一本の一級枝の基部だけに2枚の複葉があり、その総葉数(単葉と複葉の総和)の約20.0%を占める。二級、三級の枝には複葉がない。	一本の一級枝上の複葉が16枚で、その総葉数(単葉と複葉の総和)の約88.9%を占める。一本の二級枝上の複葉が7枚で、その総葉数の63.7%を占める。一本の三級枝上の複葉が2枚で、その総葉数の50.0%を占める。
針状葉	一本の一級枝上の針状葉が8枚があり、その総葉数の80.0%を占める。二級枝、三級枝においてはすべて針状葉であり、一本にはそれぞれ5枚と3枚がある。	一本の一級枝上の針状葉が2枚で、その総葉数の約11.1%を占める。一本の二級枝上の針状葉が4枚で、その総葉数の36.3%を占める。一本の三級枝上の針状葉が2枚で、その総葉数の50.0%を占める。
枝の特徴	一本の一級枝上に9本の二級枝がある。一級枝の長さが43.6cmで、節間距離が3.9cmである。一本の二級枝には4本の三級枝があり、二級枝の長さが20.1cmで(多小葉花棒よりやや短い)、節間距離が3.5cmである(多小葉花棒とほぼ等しい)。三級枝には四級枝がない。	一本の一級枝上に19本の二級枝があり、一級枝の長さが100cmで、節間距離が6.2cmである。一本の二級枝には7本の三級枝があり、三級枝の長さが24.6cmで、節間距離が3.4cmである。一本の三級枝には2本の四級枝がある。

生長良好の無小葉花棒株の上部枝で針状葉が伸び出す。単葉の葉身が葉柄より短く、内側に巻く。複葉が極めてすくなく、1複葉に3小葉のみがあるのに対して、多小葉花棒は単葉が主であるにもかかわらず、少数の複葉も出て、針状葉がない。8月の初期に、無小葉花棒の7.8%の株は複葉が出て、22.1%の株は針状葉が出た。多小葉花棒の8%の株は複葉が出るが、針状葉が殆どない。9月の初期に、無小葉花棒は平均で29.3%の枝には針状葉があり、1枝に5枚あって長さが11cmである。多小葉花棒は平均で9.78%の枝には針状葉があり、1枝にわずか1枚あって、長さが無小葉花棒の半分である。

播種後の14日目から花棒の真葉が出土し、地上部分の生長が始まる。Fig.4に播種後の花棒草丈の生長リズムを示す。播種後の14日目から26日目までの間、両生態型の花棒はともに徐々に高くなる。多小葉花棒の生長速度が0.32cm/日であるに対して、無小葉花棒は小さく0.27cm/日であり、無小葉花棒の草丈も多小葉花棒より低い。26日目から32日目までの間、両者の生長がともに減少し、生長速度は無小葉花棒が0.05cm/日、多小葉花棒が0.08cm/日になり、土壌水分が不足したためであると考えられる。32日目から両者の生長が再び速くなり、41日目から無小葉花棒の生長速度が多小葉花棒を上回り、91日目から前者の草丈が後者を上回って、152日目後にはそれぞれの草丈が38.1cm、30.6cmとなった。S-II型生長曲線で花棒の草丈生長リズムを近似し、次のようなモデルを得た。

$$\text{無小葉花棒: } Y = 40.0 / (1 + e^{(3.32 - 0.04X)}) \quad R^2 = 0.98$$

$$\text{多小葉花棒: } Y = 31.4 / (1 + e^{(2.90 - 0.05X)}) \quad R^2 = 0.98$$

ここに、Yは草丈、Xが播種後の経過日数である。



Table 5 榆林引種花棒の形態調査結果  
The morphological comparisons of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium* introduced into Yulin

形態指標	平均値		統計検定			
	無小葉花棒	多小葉花棒	名称	統計量	有意性	F1-F2
二級枝の数	9.0	8.0	F	8.2	**	4.0
一級枝の長さ	31.0	28.2		2.4		
一級枝の節間距離	3.6	3.5		0.6		
単葉の数	2.0	4.0		2.6		
単葉の百分率	2.3	12.7		4.1	*	0.1
単葉の長さ	1.9	1.9		0		
複葉の数		9.0				
複葉の百分率	0	83.7			**	
小葉の数		4.0				
小葉の長さ		2.3		3603.8		
針状葉の数	7.0	2.0	F	36.4	**	137.9
針状葉の百分率	97.7	3.7		142.0	**	3599.8
針状葉の長さ	10.9	5.8		4.2	**	32.3
二級枝の長さ	11.3	7.9		0.6	*	0.1
二級枝の節間距離	2.9	2.7		4.7		
単葉の数	3.0	5.0		2.0		
単葉の百分率	1.4	14.5		0.5	*	0.7
単葉の長さ	2.0	1.6				
複葉の数		8.0				
複葉の百分率	0	82.0			**	
小葉の数		5.0				
小葉の長さ		1.9				
針状葉の数	6.0	3.0		13.2	**	9.0
針状葉の百分率	98.6	3.5		3793.9	**	3789.9
針状葉の長さ	10.0	7.1		8.4	**	4.3

注: \*  $\alpha=0.05$ , \*\*  $\alpha=0.01$ , 長さ単位は cm である。

Table 6 榆林引種花棒の主な形態区分  
Main morphological differences between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium* introduced into Yulin

無小葉花棒	多小葉花棒
<p>一本の一級枝の基部だけに2枚の複葉があり、その総葉数(単葉と複葉の総和)の約11%を占め、一複葉には4小葉ある。針状葉が7~8枚あり、その総葉数の約88%を占める;二級枝には複葉がなく、すべて針状葉であり、約5~6枚ある。</p>	<p>一本の一級枝に7~9枚複葉がある。一複葉には4~6小葉があつて小葉の長さが2~2.5cmである。針状葉が2枚あり、その総葉数(単葉と複葉の総和)の約10%を占める;一本の二級枝に複葉が5~7枚があり、一複葉には5小葉があつて小葉の長さが2cmである。針状葉が3~4枚あり、その総葉数の約25%を占める。</p>

Table 7 単葉時期における類型別花棒の葉の形状の比較  
Leaf shape comparison in the stage of simple leaf  
between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

	葉の数	葉の長さ(cm)	葉の幅(cm)	長さ/幅
無小葉花棒	5	2.62	0.35	7.84
多小葉花棒	5	2.97	0.57	6.06
統計量	0	5.00	14.20	16.90
有意性		*	**	**

Table 8 経度の変化による各生態型花棒の分布  
The meridional distribution of the non-leaflet and  
poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium* in China

地区	経度	第一主分量	乾燥度	無小葉花棒の 比率(%)	多小葉花棒の 比率(%)
中衛	105° 11′	-1.0451	3.07	0	100
民勤	103° 31′	0.2510	5.26	92.24	7.16
安西	95° 46′	3.0270	19.55	100	0

### 3 花棒の生態分化

#### 3.1 花棒生態分化の気候要因

葉は空気に露出される植物器官で、気候の変化に最も敏感である。生態型別花棒の形態差異は主に複葉、針状葉に反映されるため、生態分化を生じるのは、気候の変化によるものと考えられる。そこで、気候を構成する諸気象要素の中で、どちらが花棒の生態分化を引き起こした主な原因であるを調べるため、調査された天然花棒分布区域の51気象観測所の13気象指標に対して主成分分析を行った。

第一、第二および第三主成分の寄与率は、それぞれ53.4%、23.3%、9.3%である。第一主成分の寄与率は最も大きく、気象情報の50%以上を占めるため、第一主成分のみについて分析した。各気象要素の値によると、第一主成分には、春期の乾燥度、10℃以上の年積算温度、七月の平均気温、年平均乾燥度、連続最多無降雨日数、年平均降水量、年平均気温を含み、これらの指標は主に乾燥・熱量状況を反映するものである。乾燥と熱量が相互に影響するものであるため、第一主成分は主に地域の乾燥程度をコントロールすると考える。即ち、花棒の生態分化は、乾燥度の変化によって引き起こされたものであることがわかる。

天然花棒の分布区域に乾燥度はどのように変わるか、第一主成分を目的変数、各気象観測所の緯度( $X_1$ )、経度( $X_2$ )、標高( $X_3$ )を説明変数として、回帰分析を行った。分析に際して、緯度は第一主成分にマイナス相関し、経度と標高は第一主成分に正相関する。経度のF値140.8が標高のF値87.7より大きく、経度の変化は標高より第一主成分に大きく影響する。このことは、天然花棒分布区域内の乾燥度が経度の変化にしたがって変化していることを示唆し、経度が小さいほど乾燥度が大きくなり、即ち、西北に行くほど乾燥になる。天然花棒の分布区域において各生態型花棒は、経度による乾燥度の変化にしたがって規則的に分布することが調査よりも実証されていた (Table 8)。

#### 3.2 花棒生態分化過程の推定

中国温帯砂漠区域は古地中海の範囲に位置し、石炭紀、二畳紀から陸地に形成された。白堊紀、特に新第三紀から気候が乾燥の傾向を現わし、古第三紀の時、気候は炎熱・乾燥であり、高山地だけで降水が多かった。漸新世の時、平野地区において耐乾燥のアカサ科植物とマオウが現われた。新第三紀の時、欧亚大陸、特に中国及び隣接地域の山々・高原が隆起し、海水が減退したため、中国北部の気候は爽やか、乾燥になった。中新世の時、河西走廊と柴達木盆地はマオウ、タテ科、豆科、菊科、ユリ科、禾本科、ハマスゲ科の植物の生長する草原となり、砂漠の特徴が現われた。上新世の時、新疆、甘粛西部

(河西走廊とアラ善高地)、寧夏と青海の柴達木などの地区において、大規模な造山活動が起き、気候がやはり乾燥であるが、現代より湿潤であった。乾燥の草原では、植被の種類は耐乾燥、耐塩性の灌木と草類からなっていた。塔里木、柴達木、アラ善地域では、砂漠化はもっと進んでいた。花棒は遅くとも第三紀に現われたと考えられる。第四紀の更新世まで、山体の上昇のため、大陸性気候がもっと強くなり、新疆、河西走廊、柴達木盆地の草原は半砂漠化に進み、青海の東部、東北地方の西部および陝西の疎林地は次第に草原になった。完新世時、砂漠が極めて広く分布しているとの記述は歴代の書籍に記載されている。砂漠地区の植物については、多数の文献によると、瑣瑣 (*Haloxylon*)、胡楊 (*Populus diversifolia*)、ギョ柳 (*Tamarix*)、マオウ (*Ephedra*)、枸杞 (*Lycium*)、駱駝刺 (*Alhagi*)、沙棗 (*Elaeagnus oxycarpa*)、藁 (*Artemisia*) 等の種類がある。

古気候の変化に応じ、花棒の生態分化過程は次の通りであると考えられる。花棒はその地域の湿潤時期に現われた。その時、葉が全縁の単葉で葉身が大きかった。その後、気候が乾燥となり、花棒が変化した気候に適応するため、葉身が分裂して、最初は複葉となった。高原、山体の隆起による西北地区の乾燥化の為、東部は湿潤で、西部はもっと乾燥になり、西部に生長している花棒は水分を節約するため、次第に葉面積が縮小され、小葉が発育不良又は完全不発育になった。長い歳月を経て、発育不良の小葉は針状葉になり、遺伝的に固定されて、乾燥になりつつある気候に適応した。一方、東部に生長してある花棒は気候が湿潤であるため、葉の特徴にはほとんど変異がなく、複葉が主であるままに生長していった。こういうふうにして現在の二つの生態型に分化したと考えられる。

## 結 言

天然・導入花棒の形態特徴を調査し、統計的な方法により花棒生態型の区分を定量的に行い、生態型別の花棒の形態区別、播種苗の形態変化過程を考察した。さらに、気候変遷に及ぼす花棒生態分化の要因と分化過程を検討した。得られた結果を要約すると次のようになる。1)天然花棒および導入花棒はともに、無小葉花棒と多小葉花棒の両生態型に分けられる。2)二種類生態型花棒の主な形態区別は、複葉、針状葉の数量及びそれぞれの割合が異なることに現れている。3)生態型別花棒苗の形態変化過程が異なる。4)花棒の生態分化は気候の変化、特に地域の乾燥度の変化により引き起こされたものである。

## 参考文献

1. 漆建忠 1980 花棒—流動砂地造林的好樹種、榆林砂荒大面積植樹造林拡大試験専集、一固砂造林資料匯編之一一、陝西省榆林地区治砂研究所
2. 馮頭達 1982 花棒の生物学・生態学特性及其造林技術的調査研究、西北農学院学報、2: 15~24 他の30報の参考文献を省略した。