

琉球大学学術リポジトリ

無小葉花棒と多小葉花棒の生物生態・生理学特性の比較：耐乾性植物の花棒に関する基礎研究 (II)

メタデータ	言語: 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, 生物生態学特性, 生理特性 キーワード (En): Hedysarum scoparium, posammophyte, ecotype, bioecological characteristic, physiological characteristic 作成者: 趙, 廷寧, 宜保, 清一, 翁長, 謙良, Zhao, Tingning, Gibo, Seiichi, Onaga, Kenryo メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3673

無小葉花棒と多小葉花棒の生物生態・生理学特性の比較
—耐乾性植物の花棒に関する基礎研究（Ⅱ）—

趙 廷寧*・宜保清一**・翁長謙良**

Tingning ZHAO*, Seiichi GIBO** and Kenryo ONAGA**
: Some bioecological and physiological characteristics of
non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *Hedysarum*
scoparium

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

キーワード：花棒，砂漠植物，生態型，生物生態学特性，生理特性

Key words: *Hedysarum scoparium*, posammophyte, ecotype, bioecological
characteristic, physiological characteristic

Summary

In the previous paper, we have divided the *H. scoparium* into two ecotypes by use of the cluster analysis method, and named them as non-leaflet and poly-leaflet *H. scoparium* respectively. In order to serve the afforestation in desert area, we measured and analyzed some bioecological and physiological characteristics of these two ecotypes. As the results, it was revealed that, 1), the non-leaflet ecotype of *H. scoparium* is more obviously characterized with drought-against features in the aspects of leaf shape, leaf anatomical structure, physiological characteristics in water using, and root distribution; 2), the seed quality and of the non-leaflet ecotype is better than that of poly-leaflet ecotype, but the fresh branch and leaves of poly-leaflet ecotype contains more gross protein, gross fat, non-nitrogen extractives than non-leaflet ecotype, and is more suitable to use as a kind of forage; 3), the soil physical property of non-leaflet ecotype is better than poly-leaflet ecotype.

*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

前報では、花棒の形態差異によって天然分布花棒および導入花棒を無小葉花棒と多小葉花棒の両生態型に分類した。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と生態型別花棒播種苗の形態変化の過程から、花棒の生態分化は偶然な変異でなく、同一植物種が長期間に一定の気候に適応するため、遺伝にも分化を生じたことがわかった。遺伝の分化は必ず生理・生態学的の差異をもたらすものであると考える。本報では、無小葉花棒と多小葉花棒の生理・生態学的の差異について検討する。

調査項目および実験方法

1. 花棒の生物生態学特性の調査

(1) 花棒種子の品質検査

花棒の種子は雑菌に感染されやすいため、まず発芽基質（水で洗った沙）を乾熱法で、種子を1% HgCl₂ 溶液で殺菌した。室外で光を避けて発芽させ、毎日発芽数を調査し、その後、適当な濃度のホルマリン溶液を用いて種子の表面を消毒した。

(2) 花棒種子の吸水過程および吸水率の測定

生態型別花棒の種子をカップに入れ（同一生態型3回繰り返す）、浸水させる。一定時間後に、カップ中の水を排除し、吸水後の種子の重量を測る。再度カップに水を入れ、同様の方法で浸水時間別の種子の重さを計測し、その含水率を計算する。

(3) 花棒葉の解剖特徴の観察

榆林県にて7齡花棒の株の中段（日あたり方向）から取材し、FAAで固定して石蠟で包埋し、サフランニン・ファスタグリン二重染色法で染色し、アラビアガムで封片した後、薄片を作製した後、光学顕微鏡で観察・撮影した。

(4) 花棒枝葉の栄養成分の分析

榆林県の7齡花棒林において、生長正常の無小葉花棒と多小葉花棒を選択し、それぞれの一年生枝葉の混合サンプルを採取して速やかに枯死させた。その後サンプルの粗蛋白質含量（H₂SO₄-K₂SO₄-CuSO₄ 消煮法）、粗脂肪含量（残余法）、粗繊維量（酸-洗剤法）、粗灰分量（乾焼法）および含水率（ドライーオープン法）を測定した。また測定項目により無窒素浸出物の含量も算出した。

(5) 花棒の生物量と根系の形態調査

それぞれ榆林県の7齡、20齡および民勤県の7齡導入花棒林において、20m×20mの標準調査区を設置した。標準調査区における株毎の草丈、ひこばえ数、冠幅、根元直径を測定し、各指標について平均値を求め、標準木の指標とした。調査区で標準指標と近似する花棒株を選択し、木の地上部分を切り取り、一年生枝と多年生枝を分けて、室内で乾燥させて重量を計った。

切株を固定し、根系を掘りながら図を描き、全根系を掘り出すまで操作する。実験室で根系を分級し、それぞれ長さおよび重量を測定した。

2 榆林県の7齡花棒の水分生理状況の測定

砂丘の風あたり斜面の中部において、生長中等の無小葉花棒と多小葉花棒を各2株選択して生長状況を調査・記録した。それぞれ6、7、8月のある典型日において6、8、10、12、14、16、18、20、22時に、花棒株の蒸散強度（快速重量法）、含水率、結合水含水率と自由水含水率（硫酸乾燥法）、水ポテンシャルと保水力（小滴液流法）を測定し、同時間の気温、湿度（通風乾湿球湿度計）、風の状況（手持風速計）、光照強度（照度計）を計った。

3 花棒の飛砂固定・砂地改良効果の調査

榆林県水磨梁の20齡の花棒林地において、無小葉花棒と多小葉花棒の生長状況、各種類の花棒の枯枝

落葉量を調査した。土壌を0~10cm層、60cm以下層に分けてサンプルを採取し、最大容水量、毛管容水量、圃場容水量、間隙率、毛管間隙量および乾燥密度を測定した。

林内の風あたり斜面において各生態型は10群の生長正常の花棒を選択し、花棒群ごとの付近における土壌を0~10cm層、60cm以下層に分けて攪乱試料を採集し、10ヶ所で採った試料を混ぜて、比重、粒度組成および化学性の測定に用いた。化学性については、全窒素含量、水溶性窒素含量、全リン含量、速効リンおよび有機質含量を測定した。

結果および考察

1 無小葉花棒と多小葉花棒の生物生態学特性の比較

1.1 種子の特性

寧夏省の中衛県から採種した花棒種子を用い、種子の大きさを調べた。採種、貯蔵等の条件が同じ状況下において、種子の品質検査を行った。

(1) 種子の形態

無小葉花棒と多小葉花棒の種子の形態指標をTable 1に示す。多小葉花棒の種子は大きく、表面に網状筋が見られ、白い毛が覆われる。無小葉花棒の種子は小さく、毛が少なく又は毛がない。

Table 1 花棒の果実サイズの比較
The comparisons of fruit size between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項目	果実長さ (mm)	果実径 1 (mm)	果実径 2 (mm)	長さ/平均果実径	果実径 1/果実径 2
無小葉花棒	5.3	3.8	3.5	0.70	1.10
多小葉花棒	6.3	4.2	4.0	0.75	1.07
統計量	6.38	2.85	4.31	17.85	1.16
臨界統計量	U _{0.05} =1.96				

(2) 種子の品質

Table 2に両生態型花棒の種子の品質を示す。多小葉花棒の種子は純粋度、千粒重さ、発芽率および発芽勢等の主な指標において、無小葉花棒に比して優れている。

Table 2 花棒種子品質の比較
The comparisons of fruit quality between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

指標	物理的性状			発芽能力			種子の実用価値
	純度 (%)	千粒重 (g)	風乾種子の含水率 (%)	発芽率 (%)	発芽勢 (%)	平均発芽速度 (粒/日)	
無小葉花棒	84.08	20.30	11.46	39.20	35.00	7.3	0.33
多小葉花棒	93.72	30.14	10.93	78.80	74.30	7.0	0.74
注	発芽温度：13.3~26.6℃、平均 21.1℃ 種子の実用価値=純度×発芽率						

(3) 種子の吸水過程と吸水能力

Fig.1は平均室温20℃(変化範囲13.4~26.13℃)で、測定した両生態型花棒の種子の吸水過程と吸水速度を示したものである。両生態型花棒の種子の吸水過程はほぼ同じ傾向を示している。図の傾向を考察すると、花棒種子の吸水過程は次のような二段階に分けられる。①種子が浸水後8時間以内に、皮は

すばやく吸水し、飽和状態に達する。その後、吸水速度が急減する。②浸水後12時間後に種子の吸水が始まり、吸水速度も少し増え、吸水時間が長くなる。浸水31時間後に、種子の吸水がほとんど止まっている。

1.2 葉の形態・構造特徴

花棒は乾燥に耐える典型的な葉構造を有する。長期的に一定の環境に適応した結果、無小葉花棒と多小葉花棒は葉の解剖構造において大きな差異が存在する。

また、多小葉花棒には複葉が主で、無小葉花棒には針状葉が主である。針状葉の比表面積が多花棒の比表面積より小さいため、両生態型の花棒は葉の面積も異なる。測定によると、多小葉花棒は1g生葉の面積が58.16cm²、1g乾葉の面積が196.10cm²であり、無小葉花棒のそれぞれの1.76倍と1.73倍である。

Table 3に両生態型花棒の単株の葉重、葉面積を示す。測定の結果、多小葉花棒の単株の葉重、葉面積は無小葉花棒のそれぞれの1.6、15.8倍である。つ

まり、無小葉花棒は多小葉花棒に比して小さな蒸散面積を有する。無小葉花棒の小さな葉面積によって蒸散による水分損失を防ぐことができる。

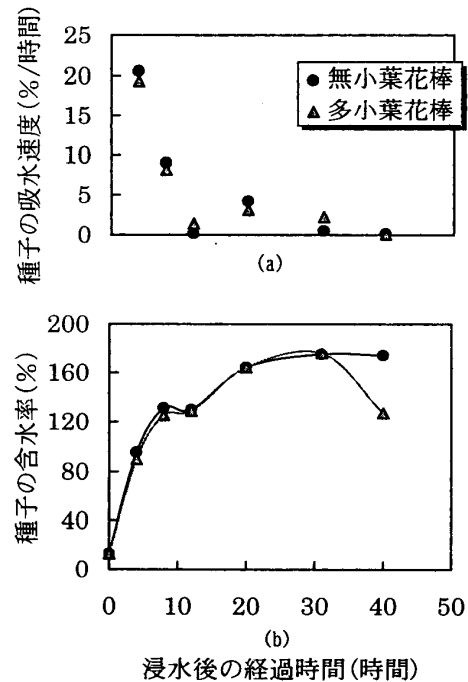


Fig. 1 花棒種子の吸水速度(a)と含水率の経時変化(b)
The variation of water absorbing speed and water content of seeds of non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

Table 3 花棒の単株葉重と葉面積

The comparisons of leaves weight and areas
between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項目	標準株の指標				葉重さ (g)	葉面積 (cm ²)
	株高 (m)	冠幅 (m)	根元径 (cm)	分葉		
無小葉花棒	2.23	2.51	3.17	2	91.0	17845.1
多小葉花棒	1.95	2.95	4.00	2	143.3	28140.3

成齡花棒葉の解剖構造については、多小葉花棒の葉軸が以下のような解剖構造を有する。①表皮層の下に異型細胞が少なく、層になっていない。②表皮層の下に柵状組織がなく、厚角組織がある。③維管束中の木質部、韌皮部が共に発達する；無小葉花棒の葉軸が以下のような解剖構造を有する。①表皮層の下にきちんと並んでいる異型細胞があり、一つの層となっている。②表皮層の下に柵状組織が発達するが、厚角組織がない。③維管束中の韌皮部は木質部より発達する。

無小葉花棒はもっと強い耐乾燥の構造があり、数多くの原生質膠体(ユロイド)の異型細胞層を通じて浸透圧を高め、効率的に吸水・貯水できる。特化した柵状組織を通じて、光合成の効率を高め、水分損失が減少する。発達した韌皮部は、有機養分の輸送効率を高め、一定の支持作用もある。

1.3 枝葉の栄養成分

Table 4に生枝・葉の栄養成分を示す。多小葉花棒と無小葉花棒ともに、粗蛋白質、粗脂肪、粗灰分、無窒素浸出物において葉が生枝より高く、粗繊維質においては葉が生枝より低い。このことは葉が高い栄養価値があることを示唆する。無小葉花棒と多小葉花棒と比べると、生枝は、無小葉花棒が多小葉花棒に比して粗蛋白質、粗脂肪、無窒素浸出物において少ないが、粗繊維質、粗灰分においては多い。葉

は、無小葉花棒が多小葉花棒より粗蛋白質、粗脂肪、無窒素浸出物において少なく、粗繊維質において同じ含量を示し、粗灰分では多い。

Table 4 花棒枝・葉の栄養成分

The nutritive component comparisons of branch and leaves
between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項	目	粗蛋白質 (%)	粗脂肪 (%)	粗繊維質 (%)	粗灰分 (%)	無窒素浸出物 (%)
生枝	無小葉花棒	7.8	1.6	46.2	4.1	31.9
	多小葉花棒	9.4	2.3	41.2	3.9	34.3
葉	無小葉花棒	13.3	3.8	20.4	8.2	44.2
	多小葉花棒	14.8	3.9	20.4	6.1	45.0
注		試料採集：8月(花期)				

1.4 根系の生態学特性

Fig.2に無小葉花棒と多小葉花棒の根系の水平分布および垂直分布を示す。花棒の根系は砂丘の等高線に沿って生長し、多水分の方向に向かって伸びる性質を有する。根系は風食地または植物分布の多い所に達すると、生育が停止し或は風食の軽微の所や植物の分布の少ない所へ伸びる。つまり、水分条件の良好な方向にのびる。

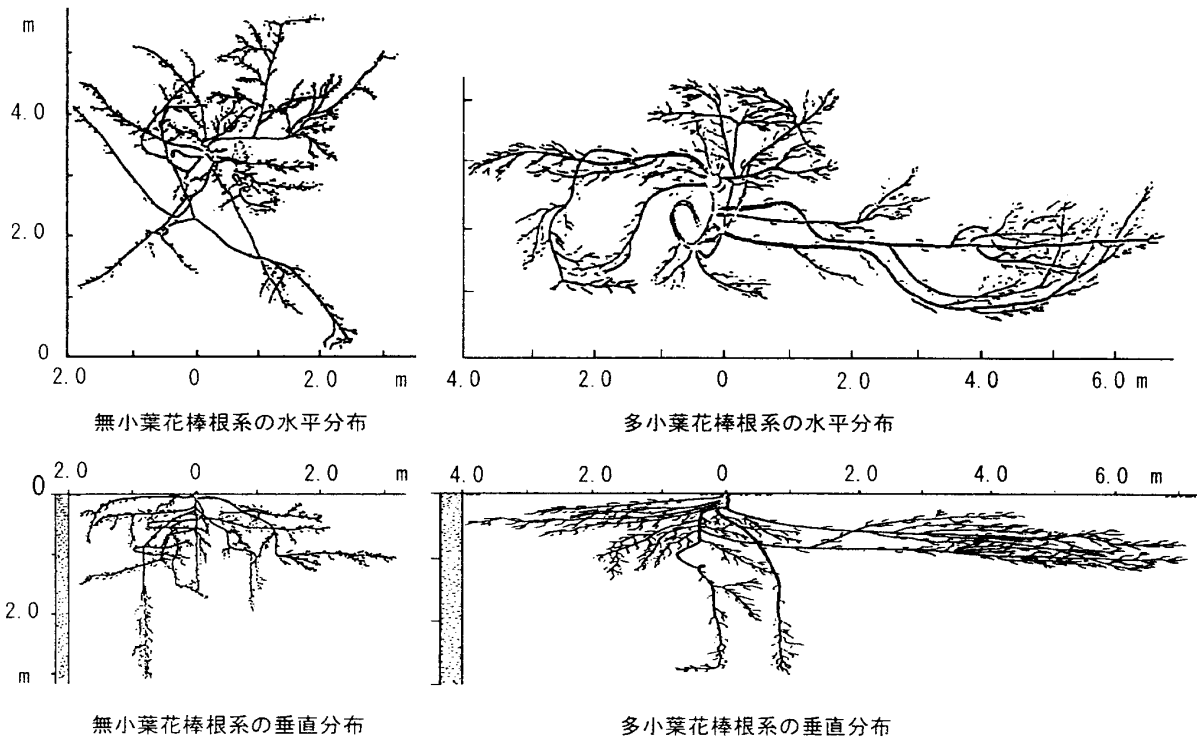


Fig.2 無小葉・多小葉花棒根系の水平分布と垂直分布
The lateral and vertical distribution of roots of
non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

多小葉花棒の根系は主に水平的に伸び、根系の幅が平均5.8m、最大11mであり、深さが2.65mである。根系はほとんど深さ70cm以上の砂層に分布している。一方、無小葉花棒は根の幅が平均5.4m、最大6mで、水平方向だけでなく、下方にも伸びている。深さが2.9mで、根系は主に120cm以上の砂層に

分布している。両生態型の花棒は根系の分布特徴が各自の分布地域の水分供給状況に適応したものであると考える。多小葉花棒の分布区域の中衛県では、降水が多いが、地下水が深い。花棒が地下水の利用ができず、浅い層の降水を吸収するために、根系が水平方向に伸びる。無小葉花棒の分布区域の安西では、降水が極めて少なく、低地の洪漫灘に分布している花棒は、地下水を吸収するために、根系が下方に向って伸びる。

花棒の吸水能力と蒸散面積を組み合わせると(Table 5)、無小葉花棒の細根量が多小花棒に比して少ないが、吸水に用いる細根と葉面積の比が大きい。これは無小葉花棒が極端的な乾燥の環境においても十分な水分を吸収できることを示唆する。

Table 5 花棒単株の細根量の比較

The comparisons of radicle between the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項 目	標準株の指標				根深さ (m)	根幅 (m)	細根重量 (g)	細根 長さ (m)	細根重量 と葉重量 の比	細根長さ と葉面積 の比
	株高 (m)	冠幅 (m)	根元径 (cm)	分蘖						
無小葉花棒	2.23	2.51	3.17	2	2.9	5.4	115	142.2	1.26	0.80
多小葉花棒	1.95	2.95	4.00	2	2.6	5.8	130	214.7	0.91	0.76

2 無小葉花棒と多小葉花棒の生理学特性の比較

2.1 枝葉の蒸散強度

耐乾燥植物が干ばつ環境に適応する手段の一つは、水分蒸散を減少し、吸収した少量の水分を節約することである。測定した無小葉花棒と多小葉花棒の日蒸散強度をFig.3に示す。すべての測定日において多小葉花棒の蒸散強度は無小葉花棒より高い。多小葉花棒の最大値は $1.836\text{g/g (生)} \cdot \text{時間}$ であり、無小葉花棒の最大値 $1.338\text{g/g (生)} \cdot \text{時間}$ より $0.502\text{g/g (生)} \cdot \text{時間}$ 多い。多小葉花棒の日蒸散量の $22.927\text{g/g (生)} \cdot \text{日}$ はが無小葉花棒の日蒸散量 $15.438\text{g/g (生)} \cdot \text{日}$ より $7.489\text{g/g (生)} \cdot \text{日}$ 高い。蒸散による単株花棒の日消耗水量(7月)に換算すると、多小葉花棒が $18.6\text{kg/株} \cdot \text{日}$ で、約無小葉花棒の $5.6\text{kg/株} \cdot \text{日}$ の三倍である。

2.2 葉の水分状況

植物の耐乾燥性の評価には、結合水含水率および結合水と自由水の比例が主な評価指標としてよく使用されている。葉身の結合水含水率が高いほど、結合水と自由水の比例が大きいほど、植物の耐乾燥性が強くなる。

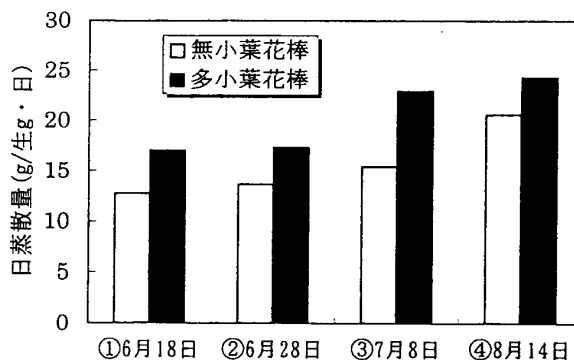


Fig. 3 花棒の日蒸散強度の結日変化
The daily transpiration intensity of non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

Table 6 花棒葉の含水状況

Water contents in the leaves of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項 目	含水率 (%)	自由水含水率 (%)	結合水含水率 (%)	結合水と自由水の比
無小葉花棒	67.4	50.4	17.5	0.32
多小葉花棒	64.3	50.8	13.3	0.26

Table 6は榆林県にある7齡花棒の葉の水分状況を示したものである。含水率は無小葉花棒が多小葉花棒より3.66%高く、自由水含水率は両者がほぼ同じである。葉の結合水含水率および結合水と自由水の比において無小葉花棒は高く、多小葉花棒よりそれぞれ4.2%、0.1%多い。これは無小葉花棒が耐乾燥の葉形態、葉解剖構造を有することによるものであると考えられる。

2.3 葉の吸水力と保水力

高浸透圧は、耐乾燥植物が乾燥土壌から吸水し、蒸散を減少する一つの手段である。Table 7は無小葉花棒と多小葉花棒の葉の吸水力および保水力を示したものである。無小葉花棒の水ポテンシャルが-9.92Barで、多小葉花棒の-9.45Barに比してやや低く、このことは、無小葉花棒が多小葉花棒より強力な吸水力を有することを示唆する。保水力の評価には数種類の指標が使われており、ここでは植物が自然的に乾燥して重さが変化しない時の遺留水含水率(乾燥基遺留水)を用いた。無小葉花棒の乾燥基遺留水は8.11%で、無小葉花棒の8.90%より0.79%多い。

Table 7 花棒葉の吸水力と遺留水

Water potential and remaining water content of leaves of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項 目	水ポテンシャル (Bar)	乾燥基遺留水 (%)
無小葉花棒	-9.92	8.90
多小葉花棒	-9.45	8.11

2.4 水分欠乏と相対含水率

乾燥は必ず植物体内の水分不足を引き起こす。水分欠乏は、植物組織が水分不足に耐える限度を反映する指標である。榆林県の7齡花棒の葉の水分欠乏、相対含水率をTable 8に示す。葉の水分欠乏、相対含水率はともに無小葉花棒が多小葉花棒に比べて高い。このことは、無小葉花棒が多小葉花棒よりさらに乾燥している土壌に耐えられることを示唆している。

葉の形態、葉解剖構造、葉水分生理などの状況から、多小葉花棒に比して無小葉花棒はさらに耐乾燥性の特徴を有していることがわかる。

Table 8 花棒葉の水分欠乏と相対含水率

Water deficiency and relatively water content of leaves of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項 目	水分欠乏 (%)	相対含水率 (%)
無小葉花棒	18.0	94.6
多小葉花棒	13.4	89.1

3 無小葉花棒と多小葉花棒の生長および生物量

Table 9は榆林県の7齡、20齡および民勤県の7齡無小葉花棒と多小葉花棒の生長状況を示したものである。両生態型の榆林県の7齡花棒は樹高では大きな差異が見られないが、地元径、冠幅および分蘗数においては多小葉花棒が無小葉花棒に比して大きい値を示している。榆林県の20齡花棒および民勤県の7齡花棒は、樹高、地元径、冠幅および分蘗数のすべての測定項目において多小葉花棒と無小葉花棒は顕著な差異は存在しない。

砂漠植物の花棒に対して、植物生長を制約する主な要因は土壌水分であり、土壌の全窒素、全リン含

Table 9 花棒生長指標の統計分析
The growth statuses of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of
H. scoparium in Yulin and Mingqin

調査地・生態型及び生長指標		株高 (m)	根元径 (cm)	冠幅 (m)	分蘗数
榆林 7 齡花棒	無小葉花棒	2.46	4.96	3.08	3
	多小葉花棒	2.53	5.62	3.42	4
	統計量	0.47	5.07	7.18	6.62
	有意性		*	**	*
榆林 20 齡花棒	無小葉花棒	3.68	7.18	57.17	
	多小葉花棒	3.66	6.95	57.60	
	統計量	0.01	0.13	0.10	
	有意性				
民勤 7 齡花棒	無小葉花棒	2.53	3.12	2.82	7
	多小葉花棒	2.43	3.01	2.89	8
	統計量	0.08	0.25	0.16	1.18
	有意性				

注: * $\alpha=0.05$ 、** $\alpha=0.01$

量はある程度の変化範囲内において植物生長に影響がほとんど形成されない。観察によると、榆林県の気候条件下で、無小葉花棒は播種後の一、二年内に、比較的大きな光合成面積を持つため、多小葉花棒に比して生長が速い。その後、多小葉花棒の葉量が無小葉花棒を超え、この時期に無小葉花棒が葉軸だけで光合成するので、多小葉花棒の地元径、冠幅、分蘗は、無小葉花棒より大きい値を示している。花棒の生長および他の植物の侵入につれて、花棒根系分布層の土壌含水量が徐々に低下するので、葉面積が大きく、蒸散による水分消費が多い多小葉花棒は水分不足のため、生長が抑えられる。一方、無小葉花棒が耐乾燥性が強いいため、続けて正常な生長を維持する。従って、榆林県の7齡花棒において、両生態型の間には顕著な差異が存在するが、20齡では顕著な差異が現れなかった。多少の灌漑が施されている民勤県の7齡花棒においては、土壌水分が花棒生長の制約因子でなくなり、両生態型の間に差異も見られなかった。

花棒の樹幹は良い燃料である。茎幹を切った後、枝の分蘗力が強く、大量の新枝の生長が早い。従って、これらの特性を利用して花棒の更新を行うことができる。榆林県の7齡無小葉花棒と多小葉花棒の標準木の状況および地上生物量をTable 10に示す。

Table 10 花棒の単株生物量

The biomass of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

項目	標準株の指標				葉重さ (g)	一年生枝 重さ (g)	多年生枝・ 樹幹の重さ (g)	地上生 物量 (g)
	株高 (m)	冠幅 (m)	根元径 (cm)	分蘗				
無小葉花棒	2.25	2.45	3.58	2	91.0	57.0	2252.0	2400.0
多小葉花棒	1.95	2.38	3.19	2	143.5	81.3	3875.0	4079.8

多小葉花棒は6月の単株の葉量、一年生枝、多年生枝の量がそれぞれ143.5g、81.3gおよび3875.0gであり、無小葉花棒のそれの91.0g、57.0g、2252.0gに比べて52.5g、24.3g、1,623.0g多い。

4 無小葉花棒と多小葉花棒の飛砂固定・砂地改良効果

4.1 花棒林の枯枝落葉量

落葉樹の林地では、毎年多量の枯枝落葉が土地に落ちる。砂漠地域において、風食、飛砂による埋没

等により枯枝落葉の保存、分解に寄与するため、土地への枯枝落葉養分の帰返が特殊性を有する。つまり、風により枯枝落葉が元地に残り難く、常に斑紋状を呈して分布する。水分不足のため、落葉の分解も遅い。筆者らは枯枝落葉の残存状況を二回測定し、ほぼ同じ結果を得た。無小葉花棒と多小葉花棒の枯枝落葉の残存量をTable 11に示す。

Table 11 花棒群の枯枝落葉量

Litter amounts of the non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of <i>H. scoparium</i>			
項 目	花棒群の特徴	枯枝落葉量 (kg/ha)	土壌断面特徴
無小葉花棒	栽植密度： 136 群/ha 1 群花棒の被 覆面積：59m ²	3089	0~20cm 層には、多量の草根および半分解の落葉がある。20cm 以下層には、草根が少なく、落葉も含まれなく、土壌断面が乾燥である。
多小葉花棒	栽植密度： 136 群/ha 1 群花棒の被 覆面積：57m ²	3558	0~20cm 層には、草根および半分解の落葉がある。20cm 以下層には、草根が少なく、落葉も含まれなく、土壌断面が乾燥である。

無小葉花棒と多小葉花棒の林地において、共に一定量の枯枝落葉が保存されており、平均的3,342kg/haであった。多小葉花棒林の3,558kg/haは無小葉花棒林の3,089kg/haより469kg/ha多い。枯枝落葉は風速の減殺、砂の沈積、土壌の理化学性の改善等において重要な役割を果たしていると考えられる。

4.2 砂地物理性の改善効果

花棒が斑紋状に分布しているため、無小葉花棒林と多小葉花棒林の土壌理化学性の調査は花棒群がりを対象にして行い、粒度組成と化学性分析に用いた試料は数多くの場所から採取して混ぜたものである。他の物理性の測定に用いるサンプルは、砂丘の風当たり斜面の中上部における花棒群がり下の土壌から繰り返し採取した。各自の土壌断面形態もTable 11に示している。

Table 12に無小葉花棒地、多小葉花棒地、未固定の流動砂地の土壌の粒度組成を示す。固定された無小葉花棒地と多小葉花棒地は0.05mm以下の細粒子の含量がともに、流動砂地の同一層より多い。無小葉花棒と多小葉花棒と比べると、0~10cm層、60cm以下層のすべてにおいて、前者の0.05mm以下の土粒子は後者より少ないが、両者の差は大きくない。

Table 12 花棒植栽下の土壌の粒度組成

The soil particle composition under the crown of non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

	層 厚	土 壌 の 粒 度 組 成 (%)				
		1-0.25mm	0.25-0.1mm	0.1-0.05mm	0.05-0.01mm	0.01mm 以下
無小葉花棒	0~10cm	23.79	65.55	8.79	0.95	0.92
	60cm 以下	37.51	56.57	5.12	0.37	0.43
	平 均	30.65	61.06	7.00	0.66	0.68
多小葉花棒	0~10cm	22.49	66.59	8.87	1.09	0.96
	60cm 以下	36.02	56.02	6.58	0.85	0.53
	平 均	29.26	61.31	7.73	0.97	0.75
流動 砂地	0~10cm	33.81	59.55	5.91	0.48	0.25
	60cm 以下	40.86	52.52	5.68	0.68	0.26
	平 均	37.34	56.04	5.80	0.58	0.26

Table 13に無小葉花棒地、多小葉花棒地、未固定の流動砂地の物理性を示す。無小葉花棒地と多小葉花棒地は流動砂地に比して、ともに間隙率、毛管間隙率、非毛管間隙率、圃場含水量、毛管含水量、

最大容水量において大きい、比重、乾燥密度では小さくなっている。両生態型花棒地の物理性も異なる。多小葉花棒に比べて無小葉花棒地は、0~10cm層土壌の毛管間隙率、圃場容水量、毛管容水量が多小葉花棒のそれより1.95%、1.97%、1.86%大きく、乾燥密度、間隙率、最大容水量がほぼ同じ程度であり、比重、非毛管間隙率がそれぞれ0.11g/cm³、3.42%小さい。60cm以下層土壌の物理性については、一定の変化傾向が見られない。

Table 13 花棒植栽下の土壌の物理性
Soil physical properties under the crown of
non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

	層厚	比重	乾燥密度 (g/cm ³)	間隙率 (%)	毛管間隙 率(%)	非毛管間 隙率(%)	圃場容水 量(%)	毛管容水 量(%)	最大容水 量(%)
無小葉花棒	0~10cm	2.65	1.34	49.38	42.38	7.00	28.82	31.64	36.88
	60cm以下	2.67	1.59	40.36	34.09	6.27	19.66	21.43	25.38
多小葉花棒	0~10cm	2.76	1.36	50.87	40.43	10.42	26.85	29.87	37.47
	60cm以下	2.81	1.57	44.19	34.48	9.71	19.53	21.96	28.15
流動 砂地	0~10cm	2.77	1.65	40.37	33.31	7.06	17.01	20.20	24.51
	60cm以下	2.73	1.57	42.45	34.37	8.08	18.76	21.87	27.01

上述したように、流砂が花棒によって固定された後、土壌の粘土分が増加し、保水力、間隙率および毛管間隙率が増大し、比重と乾燥密度が減少したことで、砂地の物理性が改善された。無小葉花棒の土壌の物理性は多小葉花棒に優れており、各生態型花棒の土壌物理性は同一場所に生長している他の植物の種類、数量、落葉量、根系の遺留体の分解にも関係すると考えられる。

4.3 砂地の化学性の改善効果

無小葉花棒地、多小葉花棒地、流動砂地の化学性をTable 14に示す。無小葉花棒地と多小葉花棒地は、0~10cm層がすべての測定項目において流動砂地を上回っており、60cm以下層が全窒素、水溶性窒素、有機質において流動砂地より大きい、全リン、速効リンにおいて少なくなっている。花棒の栽植による流動砂地の固定に伴い、土壌の栄養物質も集められてきた。ついで、多量の栄養物質は枯枝落葉の形で地表に還元し、花棒根系および他の植物根系の代謝物、根瘤菌の窒素の固定、根系遺留物の分解などを加えるため、流動砂地に比べて花棒地層土壌の有機質、全窒素、水溶性窒素、全リン、速効性リンの含量が共に増加した。しかし、60cm以下層の土壌では、花棒生長によるリンの吸収は、落葉の分解による土壌へのリンの補充より多いため、全リンおよび速効リンがともに減少した傾向を示して

Table 14 花棒植栽下の土壌の化学性
Soil chemical properties under the crown of
non-leaflet and poly-leaflet ecotypes of *H. scoparium*

	層厚	全窒素 (%)	水分解窒素 (N mg/100g 土)	全リン (%)	速効リン (P ₂ O ₅ mg/100g 土)	有機質 (%)
無小葉花棒	0~10cm	0.018	1.128	0.063	1.740	0.246
	60cm以下	0.007	0.801	0.034	0.640	0.074
	平均	0.012	0.965	0.049	1.190	0.160
多小葉花棒	0~10cm	0.011	1.543	0.052	2.144	0.225
	60cm以下	0.026	0.306	0.032	0.600	0.043
	平均	0.018	0.949	0.042	1.372	0.134
流動 砂地	0~10cm	0.004	0.623	0.039	0.600	0.032
	60cm以下	0.002	0.297	0.039	0.760	0.035
	平均	0.003	0.460	0.039	0.680	0.034

いる。

両生態型花棒地の土壌化学性も異なる。無小葉花棒0~10cm層の全窒素、全リン、有機質含量はそれぞれ0.018%、0.063%と0.246%であり、多小葉花棒の全窒素0.011%、全リン0.052%、有機質0.225%を上回っているが、水溶性窒素1.128mg/100g、速効リン1.740mg/100gが多小葉花棒のそれぞれの1.543mg/100g、2.144mg/100gを下回っている。60cm以下層では、無小葉花棒は水溶性窒素、全リン、速効リン、有機質において多小葉花棒より大きい。総合的に考慮すれば、無小葉花棒地土壌の化学性は多小葉花棒地に優れることがわかる。これは、多小葉花棒の落葉中に小葉成分が多いので、小葉が分解しやすく植物に吸収されたためであると考えられる。

結 言

本研究では、植物の生理、生長状況、生物量、土壌への改善効果から、無小葉花棒と多小葉花棒との差異を検討した。得られた結果を要約すると、つぎのようになる。

- (1) 両生態型花棒の葉形態特徴、葉の解剖構造、葉の水分生理および根系の分布状況の分析によって、多小葉花棒に比して無小葉花棒はさらに乾燥環境に耐えられることが明らかになった。
- (2) 多小葉花棒の種子の品質は無小葉花棒より優り、種子の実用価値が無小葉花棒種子の2.24倍である。多小葉花棒の生枝・葉の粗蛋白質、粗脂肪含量および無窒素浸出物が無小葉花棒に比して多いので、飼料として高い価値を有する。
- (3) 流動砂地と比べて、無小葉花棒地および多小葉花棒地の土壌の理化学性は改善された。土壌の物理性の改善において、無小葉花棒は多小葉花棒に比して効果である。