中国内蒙古毛烏素沙地における看護植物の伐採が
臭柏(*Sabina vulgaris* Ant.)稚樹の生存に及ぼす影響山中典和¹・張 国盛²・坂本圭児³・王 林和²・吉川 賢³

摘要：中国内蒙古自治区毛烏素沙地に位置する図克 (N35° 58'18", E109° 18'18", alt.1313m) において、看護植物 (烏柳: *Salix cheilophila* Schneid.) の伐採が臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) の生存に与える影響について調査を行った。調査は烏柳の伐採地と烏柳群落内の 2 カ所に調査区を設け、臭柏稚樹の生存状況とサイズを 1999 年 9 月と 2000 年 9 月の 2 回測定した。臭柏稚樹の生存率は伐採跡地で平均 6%, 烏柳の樹冠下で平均 88% であった。伐採区での稚樹の死亡状況は 74% が消失していたが、残りの 26% は立ち枯れ状態にあり、看護植物の伐採に伴う急激な環境変化に伴い、高温や乾燥が大きく稚樹の枯死に関与したものと考えられた。烏柳等の樹冠は乾燥地の厳しい環境下において、臭柏の稚樹にとって好適な微環境を作り出していると考えられた。

キーワード：半乾燥地、中国、臭柏、実生の生残、更新、看護植物

Yamanaka, Norikazu, Zhang Guo Sheng, Sakamoto, Keiji, Wang Lin He and Yoshikawa, Ken : Effect of nurse plant removal on the seedling survival of *Sabina vulgaris* Ant. in the MU US desert, Inner Mongolia, China

Abstract : Effect of nurse plant (*Salix cheilophila* Schneid.) removal on the seedling survival of *Sabina vulgaris* Ant. were studied at Tu Ke (N35° 58'18", E109° 18'18", alt.1313m) in the MU US desert of Inner Mongolia, China. We demarcated two study plots, one was set in a dense *S. cheilophila* community and the other was set in a exposed site where *S. cheilophila* community was removed in April 1999. Seedling size and survival of *S. vulgaris* were investigated in Sep.1999 and Sep. 2000. Mean survival rates of seedlings were 6% in exposed site and 88% under canopy. In the exposed site, 26% of dead seedlings were died standing. High temperature and drought, which were brought about by the removal of nurse plant, were supposed to play an important role in the mortality of seedlings. Nurse plant was considered to create suitable condition for the survival of *S. vulgaris* seedlings.

Key words : Semi-arid land, China, *Sabina vulgaris*, seedling survival, regeneration, nurse plant

1. はじめに

中国内蒙古自治区の毛烏素沙地では流動化した砂丘を固定するために早生樹である早柳 (*Salix matsudana* Koidz.) や沙柳 (*Salix psammophila* C.Wang et C.Y.Yang) 等の柳類やポプラ等による緑化が多く行われている^{4,7)}。また飛行機播種により飼料植物である楊紫 (*Hedysarum mongolicum* Turcz.) の他油蒿 (*Artemisia ordosica* Krasch.) 等の緑化も行われている²⁴⁾。しかし、生態系の回復という観点からみると、緑化の最終目標として、その地域固有の極相群落の回復も視野に入れて考える必要がある。臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) は匍匐伸長を行う、樹高 1m 程度のヒノキ科常緑低木であり²¹⁾、その群落は毛烏素沙地における極相段階の 1 つに位置づけられている^{1,7)}。このことから臭柏は、毛烏素沙地を中心とした地域で生態系回復を考える際の鍵になる樹木であると考えられ、生態学的あるいは生理学的な研究を通じ臭柏の種特性の解明が続けられている。特に挿し木による増殖法を中心に様々な研究が行われている^{14-17, 19, 22, 23, 25-27)}。しかし、自然

条件下での臭柏群落の更新維持機構は十分に解明されておらず、半乾燥地という過酷な自然環境のもと、種子からの更新がどのように行われているかという点については不明な点が多く、研究例も少ない²⁵⁻²⁷⁾。

現在までのところ臭柏の実生は裸地には見られず、もっぱら臭柏の親木や烏柳 (*Salix cheilophila* Schneid.) の樹冠下に偏在して存在していることが明らかになっている^{25, 26)}。乾燥地域において、特定の植物の幼植物が、他種の樹冠下に偏在して生育している例はいくつか知られており^{2, 3, 5, 13, 20)}、幼植物の頭上に樹冠を形成している植物は幼植物にとって好適な環境条件を作り出していることから Nurse plant (看護植物) と呼ばれている^{2, 3, 8)}。臭柏の場合烏柳が看護植物の役割を果たしている可能性が指摘されている²⁵⁾。本研究は臭柏の更新特性を解明する研究の一環として、臭柏の稚樹に対し看護植物としての役割を果たしていると考えられる烏柳の伐採除去が、その樹冠下に生育する臭柏稚樹の生存にどのような影響を及ぼすかという点について調査を行った。

¹ 鳥取大学乾燥地研究センター, Arid Land Research Center, Tottori Univ.

² 内蒙古農業大学, Inner Mongolia Agricultural Univ.

³ 岡山大学農学部, Fac. of Agri., Okayama Univ.

図1 調査地域の位置図

Fig.1 Map showing study area

2. 調査地の概要

調査は中華人民共和国内蒙古自治区伊克昭盟の図克周辺の丘間低地 (N35° 58' 18", E109° 18' 18", alt. 1313m) で行った。調査地は、標高 1,300m 強1400m にあるオルス高原のほぼ中央部に位置する毛烏素沙地内 (図1) に位置しており、周囲には、砂漠化により流動化した砂丘と丘間低地 (灘地) が交互に分布する地形が形成されている^{7,28)}。調査地から西に約 15km 離れた毛烏素沙地開発整治研究センターでの年平均気温は 6.4°C、最高気温は 36.4°C、最低気温は -31.4°C に達する⁶⁾。年平均降水量は 362.8mm であるが年変化が大きく、最多年では 715mm、最少年では 145mm の記録がある⁶⁾。毛烏素沙地はこのような半乾燥気候下にあるが地下水が豊富であり、そのため豊かな植物相が報告されている¹³⁾。調査地周辺の固定砂丘地では臭柏、油蒿、寧条 (*Caragana korshinskii* Kom.) 等を中心とした植生が発達しており、丘間低地には場所により烏柳の群落が見られる^{1,7,25,29)}。また調査地周辺では羊や牛の放牧が行われている。

2. 調査方法

1999年9月1日に調査地の丘間低地に群生している烏柳群落内と、烏柳を1999年4月下旬に根元で伐採した所に調査プロットを設定した。調査プロットの大きさは、烏柳群落 (以下コントロール区とする) で 10m × 20m、伐採跡地 (以下処理区とする) で 10m × 10m である。二つのプロットは約 20m 程度しか離れておらず、高低差はほとんどない。

処理区における1999年4月の烏柳伐採前の状態は1998年10月の観察では、コントロール区と同様に烏柳が生育しており、コントロール区に連続した烏柳の群落が成立していた場所である。

調査はそれぞれのプロット内に 1m × 1m のサブプロットをそれぞれ5つずつ規則的に配置し、サブプロット内に存在する臭柏稚樹 (樹高 50cm 以下の個体とした) すべてについてマーキングを行った。調査した時点において枯死している稚樹についてもマーキングを行った。マークをした稚樹について生死の確認及び傷害の有無を観察し、樹高の測定を行った。さらにすべての個体についてサブプロット内の位置を測定し、位置図の作成を行った。

1年後の2000年9月5日に、昨年マークした個体の再測定を行った。測定は、まず生死の判定を行い、枯死しているものについては枯死の状態 (立ち枯れ、根元折れ、食害の有無等) を記録した。マークした個体で見つからない

表1 コントロール区における烏柳の被度と最高樹高

Table 1 Coverage and maximum tree height of *Salix cheilophila* in control plot

Subplot	Coverage (%)	Maximum tree height (cm)
C-1	90	190
C-2	85	170
C-3	80	150
C-4	80	190
C-5	75	170

図2 臭柏稚樹の樹高分布 (1999)

Fig.2 Seedling height distribution of *Sabina vulgaris* (1999)

ものは消失とした。さらに生存個体については傷害の有無を観察し、樹幹長及び樹幹幅の測定を行った。

またコントロール区については各サブプロットにおける烏柳の被度と最高樹高の測定を行った。さらに烏柳群落の林床(地上50cm地点)における照度と裸地での照度をAuto Meter (Minolta co. Ltd.)で2001年9月6日に測定し、烏柳群落林床の相対照度を求めた。なお植物の学名は内蒙古植物誌によった⁹⁻¹²⁾。

4. 結果及び考察

表2 1999年から2000年にかけての臭柏稚樹の生存

Table 2 Seedling survival of *Sabina vulgaris* from 1999 to 2000

A) Treatment				
Subplot	category	1999.9.1 No. of seedlings	2000.9.5 category No. of seedlings	Survival rate (1999-2000)
T-1	Alive	12	Alive	0.08
	Standing dead	6	Standing dead	
			Missing	
T-2	Alive	7	Alive	0.14
	Standing dead	1	Standing dead	
			Missing	
T-3	Alive	27	Alive	0.00
	Standing dead	9	Standing dead	
			Missing	
T-4	Alive	13	Alive	0.08
	Standing dead	3	Standing dead	
			Missing	
T-5	Alive	1	Alive	0.00
	Standing dead	2	Standing dead	
			Missing	
Total	Alive	60	Alive	0.05
	Standing dead	21	Standing dead	
			Missing	

4.1 1999年における臭柏稚樹の生育状況

表1にコントロール区における烏柳の被度及び最高樹高を示す。コントロール区は平均被度82%のかなり密な烏柳の純群落となっており、その最高樹高は平均174cmであった。烏柳群落林床の相対照度は $9.06 \pm 1.15\%$ (平均 $\pm$ 標準誤差)であり、日本の落葉樹林林床の相対照度に近い状態にある。烏柳の樹冠下に生育するコントロール区の臭柏稚樹密度は1999年9月1日時点で 20.2 ± 4.2 本/ m^2 (平均 $\pm$ 標準誤差)であり、すべて生存個体であった。伐採跡地である処理区では烏柳の伐根から20cm程度の萌芽が発生しているサブプロットも観察されたが、烏柳の萌芽は羊や牛等による食害も受けており、生育は不良であった。このためサブプロットの大部分は直射日光にさらされた状態にあり、確認された臭柏稚樹もすべて直射日光下に存在し、被陰下にある個体は見られなかった。5つのサブプロットの合計で81本の臭柏稚樹が確認できたが、うち21本は立ち枯れ個体であった(表2)。立ち枯れ個体の状態は乾燥していて、茶褐色に色変していたが、まだわずかに緑色の痕跡を留めるものも多く存在した。このことから、処理区に認められた立ち枯れ個体は1999年中に枯死した個体と推測できた。立ち枯れ個体を含めた処理区の稚樹密度は 16.2 ± 5.6 本/ m^2 (平均 $\pm$ 標準誤差)となり、コントロール区との間に有意な差は認められず(T-test, $p > 0.05$)。処理区も烏柳の伐採前はコントロール区と同様の稚樹密度を有していたものと考えられた。

1999年9月1日の時点における稚樹の樹高分布を図2に示す。コントロール区における樹高分布をみると大部分が樹高15cm以下の個体であった。しかし15cm以上の個体も断続的に存在することから、臭柏は烏柳群落の下で、継

B) Control				
Subplot	category	1999.9.1 No. of seedlings	2000.9.5 category No. of seedlings	Survival rate (1999-2000)
C-1	Alive	14	Alive	0.86
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	
C-2	Alive	34	Alive	0.94
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	
C-3	Alive	18	Alive	0.89
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	
C-4	Alive	10	Alive	0.80
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	
C-5	Alive	25	Alive	0.92
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	
Total	Alive	101	Alive	0.90
	Standing dead	0	Standing dead	
			Missing	

続して更新、成長が行われているものと考えられる。処理区サブプロットに出現した稚樹は樹高 15 cm 以下の個体のみであったが、サブプロットの外には、15 cm 以上の稚樹も散見された。樹高 15 cm 以下の稚樹についてみると、コントロール区と処理区間で樹高分布に有意差は認められず (Kolmogorov-smirnov test, $p>0.05$), 両プロットは近年における稚樹の更新履歴においても大きな差は認められないものと考えられた。

4.2 臭柏稚樹の生存率と死亡要因

1999 年 9 月 1 日の調査時点で生存していた臭柏稚樹が、2000 年の 9 月 5 日まで生き残った割合 (生存率) をみると (表 2), コントロール区で 0.882 ± 0.025 (平均 $\pm$ 標準誤差) となり、約 90% の稚樹が生き残っていた。これに対し、臭柏稚樹の樹上を覆っていた烏柳の伐採が行われた処理区での生存は 0.061 ± 0.027 (平均 $\pm$ 標準誤差) と極端に低く、約 6% の稚樹しか生き残ることができなかった。

1999 年 9 月から 2000 年 9 月までに枯死した稚樹の枯死状況をみると、烏柳が伐採された処理区では総枯死個体数 57 本の 73.7% が消失していた。しかし、残りの 26.3% は立ち枯れ状態で確認された。

立ち枯れ個体の状況は 1999 年 9 月に確認された立ち枯れ個体と同じで、乾燥し茶褐色に変色した状態にあった。まだ緑色の痕跡をとどめる枯死個体も見られた。また、いずれの立ち枯れ個体にも根元が折れていたり、先端部が折れたり、食害を受けた痕跡等の明らかな外傷は認められなかった。これらのことから立ち枯れ個体は、動物による食害や牛及び羊などの大型動物の踏みつけ等の物理的なダメージによる枯死ではなく、乾燥や高温等の影響による生理的な枯死であるものと考えられる。

消失した個体についての死亡要因は不明ながら、コントロール区、処理区を通じて、生存していた臭柏稚樹に動物による食害の痕はみられず、さらに周囲に存在する大きな臭柏個体においても大型動物による食害の痕跡はほとんど観察されなかった。また 1999 年の時点で枯死していた立ち枯れ個体も翌年にはすべて消失していたことを合わせ考えると、消失個体の中にも高温や乾燥ストレスにより死亡した個体が多く含まれる可能性が大きいものと思われる。

今回の調査地から約 15 km 離れた毛烏素沙地開発整治研究センター内北試験地での測定によると²⁴⁾、8 月下旬において烏柳の樹冠下の最高気温は 28.2°C であるのに対し、隣接する砂丘低地部の裸地では 44.6°C が記録されている。また地表面温度は烏柳の樹冠下と裸地ではその差がより大きくなり、烏柳樹冠下の最高 23.3°C に対し、裸地では 59.6°C が記録され、その較差は 36.3°C に達している。

このように烏柳の樹冠は強い日射を遮り、その樹冠下に生育する臭柏にとって好適な環境を作り出していたものと考えられるが、烏柳の伐採により急激に厳しい環境にさらされた臭柏の稚樹は、強い高温、乾燥ストレスにより、大きなダメージを受けて枯死したものと思われる。しかし、今回の調査対象としたものは樹高 50 cm 以下の稚樹であ

り、枯死が確認されたのは樹高 15 cm 以下の個体である。調査を行ったサブプロット内には出現しなかったものの、伐採を行った処理区には樹高 50 cm 以上の稚樹も存在し、それらの比較的大きな稚樹は観察によると伐採により枯死しているものは見られなかった。また調査地周辺の大きな臭柏群落はすべて、上部に被覆物のない直射日光下に存在しており、看護植物の伐採による急激な環境変化に耐えられないのは若齢の稚樹段階であると考えられる。烏柳等の看護植物の樹冠下に定着した、根系が未発達で高温、乾燥ストレスにあまり強くない若齢稚樹が成長するに伴い、根系が発達し、強い日射のもとで高温・乾燥ストレスに耐えられるよう生理的な変化も生じて行くものと考えられる。

調査にあたり数々の便宜を与えて下さった内蒙古農薬大学の関係諸氏ならびに毛烏素沙地開発整治研究センターの職員の皆様に厚くお礼申し上げる。また現地調査に協力いただいた愛媛大学の二宮生夫博士、鳥取大学の藤原優理氏及び岡山大学の三木直子氏に感謝する。

引用文献

- 1) 北京大学地理系ほか (1983) 毛烏素沙区自然条件及其改良利用, 科学出版社, 北京, 210pp.
- 2) Franco, A.C. and Noble, P.S. (1988) Interactions between seedlings of *Agave deserti* and the nurse plant *Hilaria rigida*. *Ecology*, 69(6):1731-1740
- 3) Franco, A.C. and Noble, P.S. (1989) Effect of Nurse plants on the microhabitat and growth of Cacti. *J. Ecol.* 77:870-886
- 4) 姚洪林 (1986) 砂漠の緑化技術について, 緑化工技術, 12 (1): 29-43
- 5) Jordan, P.W. and Nobel, P.S. (1979) Infrequent establishment of seedlings of *Agave deserti* (Agavaceae) in the northwestern Sonoran desert. *Amer. J. Bot.*, 66(9):1079-1084
- 6) 神近牧男・山本太平 (1986) 中国毛烏素砂漠における自然環境について-二、三の気象・土壌特性-, 鳥取大学砂丘研究所報告 25, 27-35
- 7) 小林達明 (1990) 中国ムウス砂地の成因と土地分類, 日本緑化工学会誌 15:43-57
- 8) 小泉博・大黒俊哉・鞠子茂 (2000) 草原・砂漠の生態, 共立出版, 250pp.
- 9) 内蒙古植物誌編纂委員会 (1985) 内蒙古植物誌 第一巻, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特, 294pp.
- 10) 内蒙古植物誌編纂委員会 (1990) 内蒙古植物誌 第二巻, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特, 759pp.
- 11) 内蒙古植物誌編纂委員会 (1989) 内蒙古植物誌 第三巻, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特, 716pp.
- 12) 内蒙古植物誌編纂委員会 (1994) 内蒙古植物誌 第四巻, 内蒙古人民出版社, 呼和浩特, 907pp.

- 13) Soriano, A. and Sala, O.E. (1986) Emergence and survival of *Bromus setifolius* seedlings in different microsites of a Patagonian arid steppe. *Isr. J. Bot.*, 35:91-100
- 14) 蘇世平・李蘭曉 (1987) 沙地柏生物学和生態学特性的研究, 西北林学院学报 2 (2): 29-40
- 15) 徳岡正三 (1989a) 内蒙古の毛烏素沙地に分布する叉子円柏 (*Sabina vulgaris*) の増殖について, 京都府立大学農学部演習林報告 33: 7-11
- 16) 徳岡正三 (1989b) 中国内蒙古の沙地における緑化・造林樹種としての叉子円柏 (*Sabina vulgaris*) と樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) さし穂の吸水傾向, 京都府立大学学術報告・農学 41: 59-63
- 17) 徳岡正三 (1992) 中国の半乾燥地に成育するサビナビャクシン (*Sabina vulgaris*) について, 日本緑化工学会誌 18 (1): 35-38
- 18) 徳岡正三・金常元 (1989) 中国内蒙古の毛烏素沙地開発整治研究センター東試験地における植物目録, 京都府立大学演習林報告 33:31-43
- 19) 徳岡正三・王林和 (1992) サビナビャクシン (*Sabina vulgaris*) の分布と更新についての1, 2の知見, 日本緑化工学会誌 19 (4): 47-52
- 20) Turner, R.M., Alcorn, S.M., Olin, G. and Booth, J.A. (1966) The influence of shade, soil, and water on *Saguaro* seedling establishment. *Bot. Gaz.*, 127(2-3): 95-102
- 21) 王文采・鄭万鈞・傅立国・朱政徳 (1983) 圓柏属, 中国植物誌第7巻, 科学出版社, 北京 p. 347-376
- 22) 王林和・張国盛・董智 (1988) 毛烏素沙地臭柏種子産量及更新の初步研究, 林業科学, 34 (6): 105-112
- 23) 魏鳳国 (1980) 中国珍稀固沙造林樹種沙地柏採種・育苗・造林の初步調査報告, 内蒙古林業科技 3: 8-12
- 24) 魏江生・山本太平・井上光弘 (1999) 飛行機播種による緑化植物の活着面積率に及ぼす影響-中国内蒙古自治区伊克昭盟地域を対象にして-, 農土論 200: 105-111
- 25) 山中典和・王林和・吉川賢 (1998) 中国内蒙古毛烏素沙地における臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) の種子生産と埋土種子, 日本緑化工学会誌 23 (4): 211-219
- 26) 山中典和・王林和・吉川賢 (2000) 中国内蒙古毛烏素沙地における臭柏更新場所の微環境, 日本緑化工学会誌 25 (4): 437-442
- 27) 張国盛・王林和・李玉靈・董智・齊錦秋 (1999) 毛烏素沙地臭柏根系分布及根量, 中国沙漠 19 (4): 378-383
- 28) 周建中・松田昭美・神近牧男 (1988) 中国・毛烏素沙漠開発研究センターの概要 (1) -試験地内の自然環境概要-, 砂丘研究 35:41-47
- 29) 周建中・松田昭美・神近牧男 (1989) 中国・毛烏素沙漠開発研究センターの概要 (2) -試験地内の植生分布について-, 砂丘研究 36:77-85

(2001.6.16.受理)