

中国内蒙古自治区に生育する臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) の 地下水面からの距離と種子充実率

田中(小田)あゆみ・福田健二 (東大院新領域)・増田寛子 (愛媛大農)・田中憲蔵 (森林総研)・吉川 賢 (岡大院)

要旨：中国内蒙古自治区毛烏素沙地において、地下水面からの距離が臭柏の樹幹内無機栄養濃度と種子生産に与える影響を調べた。地下水面からの距離が 0.5~4.8m の位置に生育する臭柏 12 個体について、樹幹に含まれる K, Mg, Ca, N, P 濃度と種子充実率を測定した。毬果数及び種子数は地下水面からの距離と関係が見られなかったが、種子充実率は地下水面から遠い個体ほど有意に低下した。樹幹内無機栄養濃度については、地下水面からの距離が遠い個体で低い値がみられた。樹幹内の K, Mg, Ca, P 濃度と種子充実率には有意な正の相関が認められ、地下水面に近く無機栄養が比較的豊富な個体では種子充実率が增加すると考えられた。以上から、地下水面からの距離は臭柏の毬果生産数には影響を与えないが、水ストレスや無機栄養不足により種子充実率が低下する一因になると考えられた。

キーワード：臭柏, 半乾燥地, 地下水, 種子生産, 無機栄養

Abstract: Seed production was often limited by water and nutrient availability in arid environment. To evaluate how the ground water level affect to plants nutrient availability and seed production, we investigated contents of major nutrient elements (K, Mg, Ca, N, P) in stem and the ratio of total seeds per filled seeds (filled seed ratio) under different ground water level. Number of cones and seeds did not show correlation to ground water levels, though filled seed ratio negatively correlated with ground water level. Nutrient elements also declined with decreasing ground water level especially in K, Mg, Ca, P. In conclusion, ground water depth *i.e.* water availability affect nutrient uptake. Ground water depth is one of the limiting factors for seed fertility of *Sabina vulgaris* Ant. in Mu-U's desert.

Key words: *Sabina vulgaris* Ant., semi-arid environment, ground water depth, seed production, nutrient element

I はじめに

繁殖は植物の生活史のなかでも多量の同化産物や無機栄養などの資源を必要とするイベントであり、繁殖資源の確保は植物の繁殖の成功に大きく影響する (1,4,7,11)。寿命の長い樹木や、貧栄養環境に生育する着生植物では繁殖イベントに備えて体内に同化産物や無機栄養を蓄積しており、十分な養分量を蓄積するまで数年から数十年間繁殖を行なわないこともある (1,4,14)。一方で、水や光環境のストレス度合によって成育途中の繁殖器官を脱落させることもある (5,7)。このように、繁殖に適当な環境や必要な養分がなければ、繁殖器官の生産は阻害される。

砂漠化の進行が著しい中国北西部の半乾燥地では、植林活動が進む一方で、地下水位の低下や土地荒廃による植生の後退が問題となっている (13)。現地樹種の中でもヒノキ科の常緑針葉樹である臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) は、高い耐乾性や飛砂防止能力を持ち、有力な緑化樹種として用いられている。しかし、臭柏は、毬果生産数が多いが、不稔性の「しいな」の割合が高く、種子充実率は年や地域によって 30%~60%と大きくばらつく (12)。また、自然環境下での種子繁殖は難しく、近年では土地

荒廃の影響を受けて分布が縮小している地域が多い (12)。現存する群落の保護と、種子充実率の低下要因など繁殖メカニズムの解明が急務である。

臭柏は地下水が浸出する「たん地」と呼ばれる低地から、地盤高 5m を越える固定砂丘の上まで幅広く分布している。田中ら (9) は、固定砂丘の上に成育する臭柏は水分条件の良いたん地に成育する個体に比べて水ストレスを受けやすく、繁殖時の炭素資源獲得能力として重要な日光合成生産量が小さいことを明らかにした。繁殖に必要な無機栄養は水と一緒に体内に吸収されるため (10)、地下水からの距離が遠くなると光合成速度の低下だけでなく、無機栄養の供給が難しくなる可能性がある。地下水面からの距離が臭柏の種子生産、種子充実率、樹体内の無機栄養量、葉の生理特性に与える影響を明らかにすることは、臭柏の繁殖メカニズムの解明に役立つと考えられる。

そこで本研究では、生育地の水環境が臭柏の種子生産特性に与える影響を明らかにするため、①地下水面からの距離(地下水面との高低差)と種子数・充実率、②地下水面からの距離と樹幹内無機栄養濃度の関係、③樹幹内無機栄養濃度と種子生産の関係の3点について検討した。

II 材料と方法

1. 調査地概況 調査は中国内蒙古自治区毛烏素沙地整地開発研究センター北試験地 (N35°58' 18", E109°18' 18", 1,313m a.s.l.) で行った。調査地はオルドス高原のほぼ中央に位置し、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、年平均降水量は 362.8 mm である (9)。調査地周辺は固定砂丘とたん地が交互に分布しており、現地の植生はキク科の油蒿 (*Artemisia ordosica*) やイネ科の草本などから構成されている。

2. 植物材料 臭柏 (*Sabina vulgaris* Ant.) はヒノキ科の常緑低木で、現地で唯一の常緑針葉樹である (2,12)。樹高は 2m に達することはまれで、明瞭な主幹を持たず匍匐伸長し、樹冠は直径 15m になることもある (12)。根系は 2 系統あり、地下水付近に伸びる主根と、地表 60 センチ付近に縦横に伸びる側根がある。特に風食に強く、長期間乾燥する環境に適応し、乾燥・半乾燥地域の防風固砂、水土保持に適した樹種である (3,8,12)。

3. 種子充実率の測定 測定は 2006 年及び 2007 年の 8 月に行なった。地下水面からの距離が異なる 12 個体を選び、最も太い幹の直上に 1m×1m のプロットを設置し、その中にある毬果を全て採取した。毬果から種子を取り出し、中身を割って胚の状態から充実種子か死亡種子かを判断した。全種子中で充実種子の占める割合を百分率で表し、充実率とした。

4. 樹幹内無機養分濃度の測定 群落内で最も太い幹から直径 5mm のハンドドリルを用いてサンプルを削り取った。サンプルは 80 度で 48 時間以上乾燥させ、粉碎機 (MM200, Retsch) で粉碎した。粉碎試料に硝酸と過酸化水素水を加え、マイクロウェーブ法を用いて湿式分解し、原子吸光法でカリウム、マグネシウム、カルシウム含量を測定した。残りのサンプル 0.1g を 550 度で 2 時間燃焼し、1N 塩酸で抽出後、モリブデンブルー法で P を測定した。N 含量については NC アナライザー (FLASH EA1112, Thermo Science) を用いて測定した。

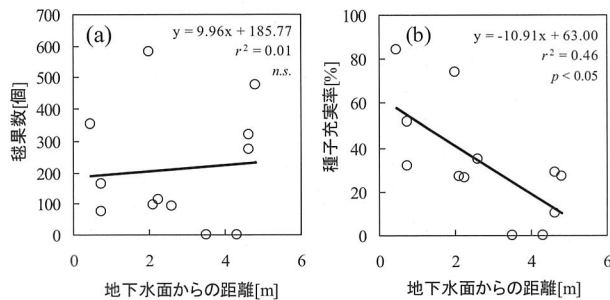


図-1. 地下水面からの距離と毬果数(a), 種子充実率(b)の関係
Fig.-1 Relationships between ground water depth and number of seeds (a), filled seed ratio (b).

表-1. 個体サイズと地下水面からの距離
Table-1 Size characteristics of sample trees.

地下水面からの距離 [m]	地際直径 [cm]	樹高 [cm]	平均樹冠直径 [m]
0.46	3.77	92	3.5
0.75	4.21	94	8.9
0.75	4.30	94	8.9
2.00	4.01	116	2.9
2.10	5.88	85	5.1
2.24	8.75	83	12.0
2.58	6.00	72	2.6
3.50	5.20	93	6.3
4.31	4.16	96	3.9
4.65	3.04	84	12.8
4.65	5.45	96	9.0
4.82	7.44	89	5.2

III 結果と考察

1. 地下水面からの距離と種子数・種子充実率の関係 地下水面からの距離と各個体の毬果数・種子数には有意な相関が見られなかったが (図-1a)、種子の充実率と地下水面からの距離には負の相関が見られ (図-1b)、地下水面から遠い個体ほど不稔種子の割合が多いことがわかった。また、1 毬果内の種子数は 1.06~1.74 個と個体間で大きくばらつき、地下水面からの距離との関係は見られなかった。種子の大きさと充実率についても関係は認められなかった。以上から、地下水面からの距離は臭柏の毬果生産数には影響を与えないが、繁殖に直結する種子充実率を制限する要因の一つである考えられた。

2. 地下水面からの距離と樹幹内無機養分濃度の関係 樹幹内の無機栄養量は有意ではないものの窒素以外の元素で地下水面からの距離が遠い個体で低い値を示した (図 2)。無機養分は基本的に根から水分と共に吸収されるため (10)、地下水面から遠い個体では無機栄養の吸収が十分でない可能性が考えられた。

3. 樹幹内無機養分濃度と種子充実率 カリウム、マグネシウム、カルシウム、リンの樹幹内濃度と種子充実率に有意な正の相関がみられ (図 3)、樹幹内無機養分濃度が多い個体ほど種子の充実率が高いことが示された。各無機元素は充実種子の形成に重要な役割を果たしていると考えられ、無機養分を十分に蓄積している個体では種子充実率が高くなることが示唆された。一方で、窒素濃度と種子充実率には明確な傾向は見られなかった。

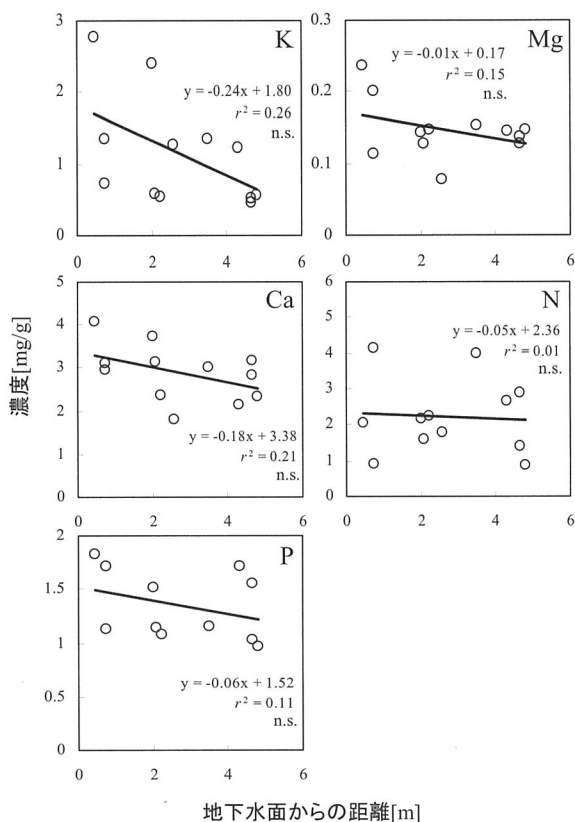


図-2. 地下水面からの距離と樹幹内無機栄養濃度の関係
Fig.-2 Relationships between ground water depth and nutrient elements.

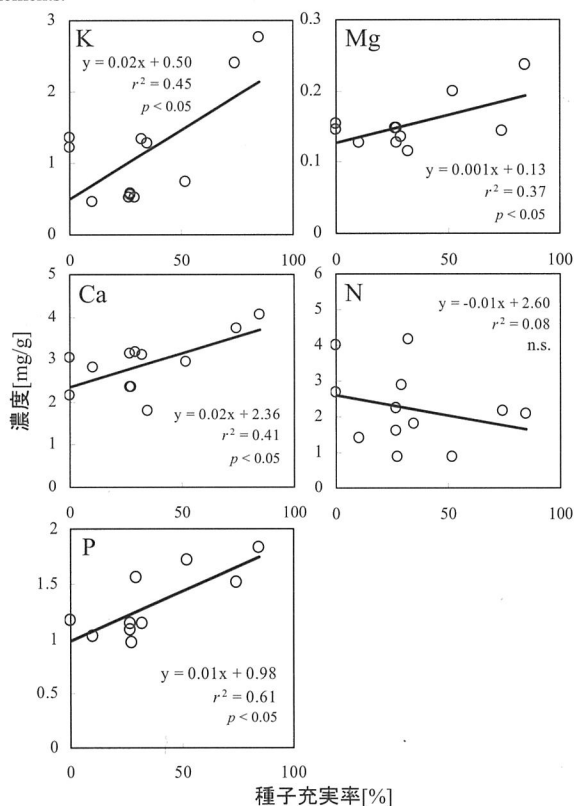


図-3. 種子充実率と樹幹内無機栄養濃度の関係
Fig.-3 Relationships between filled seed ratio and nutrient element.

IV おわりに

以上の結果から、毛烏素沙地における臭柏の繁殖阻害要因として、水不足とそれともなう無機栄養吸収量の不足が考えられた。つまり、地下水面から遠い個体では、光合成生産や無機栄養吸収量が少ない上に葉の耐乾性を高めるために多くの資源が必要である (9)。また、種子生産数は地下水面からの距離と関係なく、種子充実率のみが地下水面からの距離に従って低下したことから、地下水面から遠い個体では、種子充実の過程でしいなの割合が増加した可能性が考えられた。

引用文献

- (1) CHAPIN, F. S. III (1990) The ecology and economics of storage in plants. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 21: 423-447.
- (2) FU L. K., CHEN T. Q., LANG K. Y., HONG T. (2000) 中国高等植物第3巻. 青島出版社. China.
- (3) HE, W., ZHANG, X. (2003) Responses of an evergreen shrub *Sabina vulgaris* to soil water and nutrient shortages in the semi-arid Mu Us Sandland in China. *J. Arid Environ.* 53: 307-316.
- (4) ICHIE, T., KENTA, T., NAKAGAWA, M., SATO, K., NAKASHIZUKA, T. 2005. Resource allocation to reproductive organs during mastling in the tropical emergent tree, *Dipterocarpus tempehes*. *Journal of Tropical Ecology.* 21: 237-241
- (5) KAMOI, T., KENZO, T., KURAJI, K., MOMOSE, K. (2008) Abortion of reproductive organs as an adaptation to fluctuating daily carbohydrate production. *Oecologia* 154: 663-677
- (6) LARCHER, W. (2003) *Physiological Plant Ecology.* 4th Edn. 513 pp. Springer-Verlag, New York.
- (7) LEE, T. D., BAZZAZ, F. A. (1982) Regulation of fruit and seed production in an annual legume, *Cassia Fasciculata*. *Ecology* 63: 1363-1373
- (8) OHTE, N., KOKA, K., YOSHIKAWA, K., SUGIMOTO, A., MATSUO, N., KABEYA, N., WANG, L. (2003) Water utilization of natural and planted trees in the semiarid desert of Inner Mongolia, China. *Ecol. Appl.* 13: 337-351.
- (9) 田中(小田)あゆみ, 福田健二, 田中憲蔵, 増田寛子, 吉川賢. (2007) 中国内蒙古自治区に生育する臭柏の地下水面からの距離と光合成蒸散速度の関係. *関東森林研究* 59: 159-162
- (10) TAIZ L., ZEIGER E. (2002) *Plant physiology.* Third Edition. Sinauer Associates Inc.

- (11) TYLER, G, ZOHLEN, A. (1998) Plant seeds as mineral nutrient resource for seedlings-A comparison of plants from calcareous and silicate soils. *Annals of Bot.* 81: 455-459.
- (12) 温国勝, 王林和, 吉川賢. (2002) 中国半乾燥地に生育する臭柏(*Sabina vulgaris* Ant.)の生理的特性と生態的特性. *日緑工誌*. 27: 526-537.
- (13) 吉川賢, 山中典和, 大手信人. (2004) 乾燥地の自然と緑化 - 砂漠化地域の生態系修復に向けて. 共立出版, 東京 pp163
- (14) ZOTZ, G, RICHI, A. (2006) Changes in carbohydrate and nutrient contents throughout a reproductive cycle indicate that phosphorus is a limiting nutrient in the epiphytic bromeliad, *Werauhia sanguinolenta*. *Annals of Bot.* 97: 745-754.