

## 麻黄（マオウ）の国内栽培を目指して

金沢大学医薬保健研究域薬学系 御影 雅幸

### 1. はじめに

麻黄は葛根湯、麻黄湯、小青龍湯、麻黄附子細辛湯などの重要漢方処方に配合される漢方生薬である。我が国では現在、麻黄のほぼ全量を中国からの輸入に依存しているが、中国政府は資源保護と沙漠化防止を理由に1999年1月から麻黄の輸出を禁止しており、現在は便宜的に加工品として供給されている。実際、資源国である中国では農地開墾のために自然破壊が進み、また乱獲の影響もあり、マオウ資源が急速に減少している。このような状況から、我が国での栽培供給の必要性が高まっている。

麻黄の原植物は、第16改正日本薬局方（以下、日局）でマオウ科マオウ属の *Ephedra sinica* Stapf, *E. intermedia* Schrenk et C. A. Meyer および *E. equisetina* Bunge の3種であると規定され、さらにアルカロイド含量（エフェドリンとプソイドエフェドリンの総和）が0.7%以上であることを規定している。従って、日局適の麻黄を栽培生産するためには、これらの規定をクリアする必要がある。

麻黄の原植物が日本に導入された時期は明確ではないが、平安時代の『本草和名』に和名「加都祢久佐（かつねくさ）」、『和名類聚抄』に「加豆襴久佐」と記載され、これは「褐根草」の意でマオウ属植物の根が褐色であることに由来したものと考えられ、他の薬用植物とともに古い時代に海外から導入され、実際に栽培されていたことの証しであると考えられる（吉澤ら、2005）。一方、栽培に関する記載は残っておらず、大々的な栽培は行なわれなかったものと推察される。

麻黄は中国において1980年代から本格的な栽培が始まったとされ（筆者の甘粛省における調査）、現在では甘粛省の他、内蒙古自治区（図1）、寧夏

自治区（図2）、新疆ウイグル自治区などで栽培されている（Mikage *et al.*, 2005）。すでに栽培技術に関しては確立されているように見受けられるが、一方で栽培品のアルカロイド含量の不足や、それに伴う価格の低下により、近年では栽培を放棄する農家や団体もでてきており、麻黄栽培に際してはアルカロイド含量確保のための技術開発が必要である。

本稿では、中国における麻黄栽培の現状ならびに筆者らの研究結果を紹介しつつ、今後の国内生産に向けて解決すべき問題点等について述べる。



図1：麻黄の栽培（内蒙古自治区）



図2：麻黄の栽培（寧夏自治区）



図3：マオウ (*Ephedra sinica*) の苗床 (3年生苗)



図4：ビニルハウス内で成熟した *Ephedra sinica* の雌毬果

## 1. 種苗の確保

### (1) 種子繁殖

中国における麻黄栽培では、一般に種子による繁殖が行なわれており、一部で野生品の移植や株分けが行なわれている。内蒙古自治区では種子採取を目的とした粗放栽培も行なわれており、種子は新疆省を始めとする他の地域に運ばれて栽培されている。筆者らの調査では、内蒙古自治区では苗床に播種した3年生の苗を畑に定植していた(図3)。また、新疆省では春に発芽させたものを夏に移植する方法も行なわれていた。

中国では種子の海外持ち出しを禁止しているので、日本で種子を確保するには現有の株から日本で生産する必要がある。これまで、日本の野外では種子の結実が困難であったが、近年の筆者らの研究により、ビニルハウスなど乾燥した条件下に保管することにより多数の種子が得られることが明らかになった。現在、1/2000aあるいは1/5000aのワグネルポットに植えた1株から200粒以上の種子が採取可能となっている(図4)。野外での結実が悪いのは、日本では空中湿度が高く、乾燥地に適応したマオウ属植物の花粉は飛散しにくいことが原因である可能性が考えられる。なお、今年の5月の晴天日中に、野外の雌株の珠孔管に花粉をつけた葯を接触させて受粉を試みたと、多数が結実し、種子が得られた(図5)。来年度からはこの方法によって露地栽培株からも多数の種子が得られるものと期待している。

種子は休眠せず、採りまきしても通常10日前後で発芽する(図6)。発芽率は野生株からの採集

品ではばらつきが大きい、金沢大学で得られた種子では70~80%と良好である。発芽率の悪化には種子を食害する昆虫の存在が上げられ、産地国を問わず、どこの種子からも確認している。現在、昆虫種の同定など詳細を検討中であるが、現時点では日本(金沢)では確認されていない。

発芽温度についてもそれほど外気温の影響を受けず、富山市内の屋外で12月初旬に播種しても正常に発芽した。一方、30℃を超えるようなビニルハウス内では発芽が抑制される結果を得ており、正確なことは今後検討したい。

発芽後の移植については、中国では3月と9月とする情報を得たが、金沢で発芽後1ヶ月程度の苗を盛夏に移植しても悪影響は見られなかった。なお、マオウは低温にも強いが、双葉の状態で見ると枯れるので、冬期の播種では注意を要する。また、発芽時にはナメクジ被害にも注意を要する。

### (2) 栄養繁殖

種子繁殖は効率が良いが、遺伝的に安定しないという欠点がある。一方、株分けや挿し木法など栄養繁殖に依れば遺伝的に安定した株が得られ、とくに今後栽培に適した品種が選抜できた折には、これらの方法で高品質種苗の生産が行なえる。

株分けは一般に挿し木法に比して大型の株が得られる利点がある。マオウ属植物の中には地下に根茎を引いて繁殖する性質を有するものがあるので、そうした植物では容易に株分けができる。とくに *E. sinica* や *E. distachya* はその性質が強い。一方、日局品では *E. intermedia* や *E. equisetina* は根茎を引いて繁茂する性質が弱く、株分けによ



図5：Ephedra sinica の種子

る大量増殖は困難である。

マオウ属植物の挿し木法については藤田ら(1967)による報告があるが、活着率は *E. distachya* の木質茎では15%、草質茎では0%であった。筆者らは、*E. sinica* について、秋期に挿し木し、人工気象器内で管理することにより発根率が上がり、3月に定植することにより活着率が上がることなどを明らかにしている(投稿準備中)。今後、さらに改良を加えることにより、草質茎を用いた挿し木により多量の種苗が確保できると考えている。

## 2. 栽培適種の選択

野生では、日局収載3種の中で *E. sinica* および *E. intermedia* は砂地、黄土、岩場やがれき地など生育土壤を選ばないが、*E. equisetina* では岩場やがれき地にしか生育していない。中国の栽培地においても、一般に栽培されているのは *E. sinica* であり、他の2種は栽培が困難であると考えられている。実際、ロシア(ブリアチア)、モンゴル、キルギスおよびトルコ産の種子を日本で栽培してみると、もっとも容易に生育するのは *E. dahurica* (= *E. sinica*) であり、*E. intermedia* や *E. equisetina* はやや困難である。加えて、*E. sinica* は他の2種に比して根茎を引いて増殖する性質が強く、定着後は自ら増殖し生え広がる。また、根茎で増えた株を新苗として利用できる利点もある。一方、野生品では、*E. sinica*、*E. intermedia*、*E. equisetina* の順にアルカロイド含量が高く、ア



図6：Ephedra sinica の発芽苗

ルカロイド含量を指標とした場合には *E. equisetina* が有利であり、今後栽培化を検討する価値がある。

## 3. 栽培用土

ワグネルポットを含む鉢植えでは、「プランターの土」(秋本天産物)など市販の園芸用土での生育が最も良好であり、次いで赤玉土、川砂などである。逆に生育が悪いのは山砂、桐生砂、鹿沼土などで、これらの用土では根の発育が悪く、地上部の生育も良くない。園芸用土の成績が良いのは、土の柔軟さによる根張りの容易さと適度な化学肥料成分であると考えられる。ただし、同一土壌で2年以上栽培すると、アルカロイド含量が低下したり、根腐れを起こしたりするので、毎年植え替える必要がある。今後、野外での大規模な栽培にあたっては、海岸や河岸近くの砂地が適していると考えており、実際の栽培に際しては一般的な畑土をも含め様々な土壌で実験する必要がある。加えて、今後は水耕栽培(養液栽培)についても検討する予定である。

## 4. 灌水と施肥

*E. sinica* の自生地は、一般に砂地を始めとする痩せた土地であり、降水量も少ない場所である。*E. intermedia* や *E. equisetina* の自生地はさらに乾燥が強い傾向がある。一方、このことはマオウ属植物が水分や栄養分を嫌っていることを意味するのではなく、水分や栄養分が豊富な土地では他の植物がよく育って生存競争に負けるからであ

る。すなわち、マオウは他の植物に覆われて日射を遮られると容易に枯死するため、環境の良い場所では自生することが困難である。マオウ属植物も水分や養分を好むことは他の多くの植物と同様である。栽培にあたっては他の一般的な植物と同様の灌水量と施肥量で問題はない。ただし、適度な灌水と施肥により雑草が生育してくるので、こまめな除草が必要である。なお、野生地の土壌pHは8前後のアルカリ性であるが、*E. sinica*の栽培実験では、アルカリ剤の添加で生長がとくに良好になるという現象は確認されていない。

## 5. 品種の選抜と改良

### (1) 品種選抜

野生では、同一環境に生育する株においても、株中のアルカロイド含量やアルカロイドの組成比が大きく異なる(図7)。筆者らはすでに、アルカロイド含量は遺伝的要因以上に生育環境の影響を受けていることを明らかにしており(Kondo *et al.*, 1999)、一方、アルカロイド含量組成は遺伝的要因に支配されていることを明らかにした(投稿中)。エフェドリンとプソイドエフェドリンの薬理作用が異なることが報告されているので、株を選択することにより意図するアルカロイド組成を有する株を作出することが可能となる。また、同じ*E. sinica*でも、根茎を引いて増殖する性質が強いものと弱いものがあるように思われるので、選抜の基準としたい。

### (2) 品種改良

これまで、マオウ属植物の交配などに依る品種

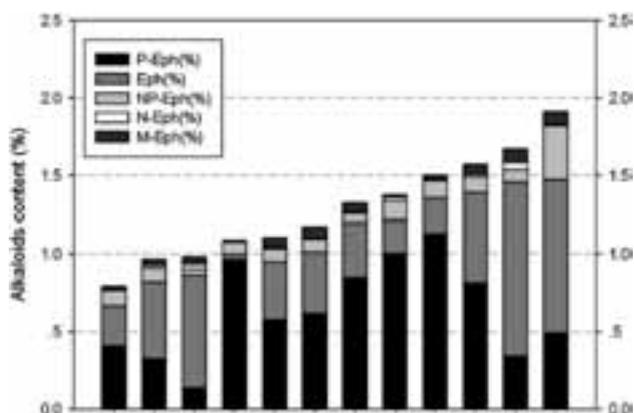


図7：同じ地域に生える *Ephedra sinica* の個体によるアルカロイド含量と組成比の変化 (モンゴル)

改良報告はない。筆者らは、昨年度から *E. sinica* についてアルカロイド含量の高い雌雄株間での交配実験をしており、すでに種子および発芽苗を得ている。今後は、日局収載品種間の交配などを行なうことにより、栽培品種として優秀な株、すなわちアルカロイド含量が高く、栽培が容易で生長が早く、株分けでの増殖が容易な株を得ることも可能となろう。

## 6. アルカロイド高含量麻黄の生産

医薬品としての麻黄栽培では、収穫物の総アルカロイド含量が日局規定の0.7%を超える必要がある。現在中国における麻黄栽培の主目的はエフェドリン抽出原料の供給であり、アルカロイド含量が野生品に劣る栽培品は工場側の引き取り価格が低く、長年栽培した末に栽培を断念する農家も少なくない。今後は、如何にしてアルカロイド高含量株を生産するかという技術開発が必要とされている。

先述したように、アルカロイド含量の多寡は、遺伝的要因以上に生育環境の影響を強く受けている。自然環境下では、雨量が少なく、土壌pHが高い場所に生育する株にアルカロイド含量が高い傾向がある(Wang *et al.*, 2005)。また、希釈した塩水を灌水することによりアルカロイド含量が高くなることも明らかになった(大富ら、2013)。今後のさらなる研究が待たれる。なお、アルカロイドは含窒素化合物であるが、生育地土壌中のアンモニウム体窒素や硝酸体窒素含量との相関は認められなかった(Kondo *et al.*, 1999)。

## 7. 収穫

マオウ属植物は灌木であり多年生である。寒冷地では毎年地上部草質茎の大半が枯れ落ち、春に根頭部あるいはわずかに残った木質茎から新梢が生じる。*E. sinica* では、温暖地や北陸の積雪地帯では冬期に地上部が枯死することはなく、春に少数の充実した枝の節から新梢が生じ、その後多くの前年枝が枯死して地上部が更新する。よって、秋期に地上部全てを刈り取っても株が弱ることはない。

一方、アルカロイド含量が高くなる収穫時期に

については種々の報告があり、*E. sinica* に関しては概ね7月～11月の含量が高い。ただし、7月頃に地上部全てを刈り取ると、その後は新たな茎が生じてこないため光合成が行なえず、株に大きなダメージを与えることになり、枯死する危険性もある。温暖地では11月、寒冷地では10月頃が適切であると考えている。中国の栽培地では、11月頃に新梢が生じ、その頃のアルカロイド含量が最も高いとする情報を得たが、日本では確認できていない。

## 8. 害虫

中国の自生地あるいは栽培地において、アリマキが着いた若枝、雄毬花を食べる昆虫、種子を食べる昆虫などを見たが、日本（金沢）においては確認していない。また、中国の麻黄栽培地においても深刻な害虫の被害はなく、農薬はいっさい散布していない。

## 9. 今後の課題

以上に述べた事項が解決された場合、最終的な段階として野外における大規模栽培に移行することになる。

先述のごとく、麻黄栽培において重要なことは灌水と除草対策である。雨が多い日本においては、苗が根付いてからの灌水は、よほどのことがない限り不必要であると考えている。一方で、降雨量が多いため、雑草対策は中国における栽培地以上に手間がかかることが予想される。中国では1人の人間が管理できるマオウ畑の面積はおよそ2000㎡で、雑草の中で厄介なのは根茎を引いて広がる単子葉植物であるとされる。春先からこまめな除草が必要となる。マルチも有効であろうが、*E. sinica* では数年後には地下に根茎を引いて傍らから芽生えてくるので、その頃には外す必要がある。

また、収穫時の機械化を図る必要もあろう。中国でも試験的に行なわれているが、収穫時に根頭部を刈ってしまうと株は枯死するので、うまく行っていないようである。機械化に合わせて、平坦地に栽培するか、畝を作って栽培するかなど検討を要する部分もある。

最後に、マオウ属植物は覚醒剤原料となるエフェドリン含有植物であるので、栽培に際しては十分な管理も必要であろう。実際には、原料の麻黄が市中で自由に購入できるので、エフェドリンを得るためには市販「麻黄」を購入する方がよほど得策であると考えられるが、各株に認識番号をつけて管理し、かつ監視カメラを設置するなど、相応の管理は必要であろう。

なお、現時点では麻黄の市場価格は低く、マオウは換金作物としての価値はほとんどないと考えられる。実際、中国においても販売価格の安値により栽培を断念する例が多い。また、発芽苗では収穫できるまでに5～6年を要しており、それまで収入は望めない。参考までに、麻黄の生産者価格は新疆省において2011年時点で4元（約60円）/Kgであったこと、また2012年まで8年間栽培して一度も収入がなく、栽培を断念した農家があったことを付記しておく。

## 参考文献

- 大富規弘, 野村行宏, 井出達也, 大野剛史, 毛利千香, 御影雅幸: マオウ属植物の栽培研究(第2報)海水がシナマオウの生長およびアルカロイド含量に及ぼす影響. 薬用植物研究, 35(1), 1-8(2013)
- 藤田早苗之助, 栗原孝吾: 麻黄の挿し木繁殖(第1報). 衛生試験所報告, 85号, 112-114(1967)
- 吉澤千絵子, 井出万紀子, 御影雅幸: 麻黄に関する史的考察(1)古来の正品並びに和産麻黄の原植物について. 薬史学雑誌, 40(2), 107-116(2005)
- Wang, L.-L., Kakiuchi, N. and Mikage, M.: Studies of *Ephedra* Plants in Asia. Part 6. Geographical changes of anatomical features and alkaloids content of *Ephedra sinica*. *J.Nat.Med.*, 64(1), 63-69(2010)
- Mikage, M. and Kakiuchi, N: The Recent Situation of the Resources of Chinese Crude Drug Ma-huang, *Ephedrae Herba*. *J.Trad.Med.*, 22(Supplement 1), 61-69(2005)
- Kondo, N., Mikage, M. and Idaka, K.: Medico-botanical Studies of *Ephedra* Plants from the Himalayan Region. Part III. The causative factors of variation of alkaloid content in herbal stems. *Natural Medicines*, 53(4), 194-200(1999)