

伊豆で栽培されたケシの生育とあへん生産

飯田 修[#]・関根 勉・井上 修・吉松嘉代・下村講一郎Characteristics of *Papaver somniferum* L. cv. Ikkanshu cultivated in IzuOsamu Iida[#], Tsutomu Sekine, Osamu Inoue, Kayo Yoshimatsu and Koichiro Shimomura

The seeds of *Papaver somniferum* L. cv. Ikkanshu were sown in November (Autumn sowing: AS) and March (Spring sowing: SS) in a field at Izu Experimental Station for Medicinal Plants of National Institute of Health Sciences, and both AS and SS plants were cultivated to investigate their growth, opium yield and alkaloid content in the opium. Growing periods from the sowing to the opium harvest were approximately six months for AS plants and three months for SS plants. Sizes of plants and capsules in AS were bigger than those in SS, reflecting their growth period. Opium yields per an are in AS and SS were 212.09g and 142.03g, respectively. The opium was able to be collected four times in the AS plants though the SS plants ceased to exude opium after the second incision. Therefore higher yield of opium in AS plants seems to be attributed to an amount of opium in the third and fourth incision. Average morphine content in the total opium was 15.61% in AS plants and 15.04% in SS plants, and the estimated amounts of morphine per an are in AS and SS plants were 33.16g and 21.38g, respectively.

Keywords: *Papaver somniferum* L., autumn sowing, spring sowing, opium yield, opium alkaloid content

ケシ未熟果実を切傷し得られるあへんは、医療上重要なあへんアルカロイド系麻薬の原料であり、安定確保が国策として求められている。

あへんアルカロイド系麻薬のうち、あへん換算にして95%以上がリン酸コデイン及びリン酸ジヒドロコデインとして、鎮咳剤、鎮咳去痰剤、総合感冒剤に配合され消費されている¹⁾。近年、モルヒネの消費量が増加してきており、1998年の消費量は塩酸塩と硫酸塩を合わせて954kgであった。これはがん患者に対する疼痛緩和目的の普及に起因すると考えられ¹⁾、今後も消費量の増加が予想される。

あへんは国内需要量のほぼ全量をインドに依存し、毎年100トン超が輸入されているが、国際的な需要の増加とインドの天候不順による減産のため、1998年の輸入量は78トンにとどまり¹⁾、供給は不安定な状況にある。

国内のケシ栽培は *Papaver somniferum* L. が用いられ、1937年には品種「一貫種」が報告され²⁾、今日まで優良種として引き継がれている。戦後、栽培面積は急減し、一部を残すのみとなり、1998年におけるあへんの国内生産量は3.6kgであった¹⁾。

わが国におけるケシの研究は、国立衛生試験所（現国立医薬品食品衛生研究所）が主体となり、和歌山及び春日部

（現筑波）両薬用植物栽培試験場で栽培研究が進められ^{3a,b)}、現在、北海道、筑波、伊豆及び種子島の各薬用植物栽培試験場で継続されている。伊豆薬用植物栽培試験場では、1982年よりケシ栽培を開始し、冬季の温暖な気候を利用し、当初から秋まき栽培を行っており、1アール当たり乾燥あへん収量の過去最高値は322gを記録している⁴⁾。

ケシの秋まき栽培はあへん収量が多い一方、厳冬季の凍害による花芽損傷や春先の強風による倒伏等不慮の障害が、あへん収量に大きな影響をもたらす危険性がある。そこで上記気象上の障害回避と生育期間の短縮化を目的にした、伊豆における春まき栽培の可能性を調べるため、ケシの秋まき及び春まき栽培における、生育、あへん収量及びあへん中のあへんアルカロイド含量の特性について検討した。

実験材料及び方法

1. 材 料

筑波薬用植物栽培試験場から導入し、伊豆薬用植物栽培試験場で継代栽培している「一貫種」から、1993年5月に採種し、その後4℃で保存した種子を用いた。

2. 栽培概要

播種は、秋まき栽培（秋まき区）が1995年11月17日、春まき栽培（春まき区）は1996年3月4日に行い、それぞれ当該圃場に種子を条播した。栽培条件は、秋まき区及び春まき区ともに同一で行い、間引き後の栽植距離は条間

[#] To whom correspondence should be addressed:
Osamu Iida; 155 Shimogamo, Minamiizu-cho, Kamogun, Shizuoka 415-0303, Japan; Tel: 0558-62-0044; Fax: 0558-62-0063; E-mail: iidao@nihs.go.jp

60cm, 株間20cmに設定した。

肥料は10アール当たり, 基肥として, 秋まき区では1995年11月16日に, 春まき区では翌年2月28日に, アルカリ性土壌改良材3,000kg, 緩効性化成肥料(窒素, 磷酸, 加里の各成分量10%)35kgをそれぞれ全層に施した。追肥は, 秋まき区では1996年2月20日に, 春まき区では同年5月22日に, 同化成肥料を35kg施用した。

栽培面積は, 秋まき区及び春まき区ともに25m²とし, 秋まき区では24m²を, 春まき区では10.8m²を試験区に供した。試験区における供試個体数は, 1アール換算で, 秋まき区, 春まき区でそれぞれ841株, 861株であった。

3. あへん採取

植物体は芽かきを行い, 主茎頂生果1本仕立とした。未熟果実の切傷は隔日とし, 慣行法に従い3筋切傷刀を用い, 3山ずつ行った。秋まき区では1996年5月20, 22, 24, 27日に, 春まき区では6月10, 12, 17日に切傷し, あへん採取は各回ともに切傷直後(切取法)と翌朝(追掻法)の2回行った。

あへん収量調査は, 上記試験区面積の全株を対象にあへんを採取し収量を求め, 反復は設けなかった。

採取したあへんの乾燥は, 循環式恒温乾燥器内60℃, 6~8週間行った。植物体の特性調査は, 秋まき区5月30日, 春まき区6月18日に各20株を掘り取り行い, 乾燥重量は, 自然乾燥1~2週間の後, 循環式恒温乾燥器内50℃, 3日間行い測定した。

4. あへんアルカロイドの定量⁵⁾

粉末にしたあへん約5mgを精密に秤量し, 5mlのメタノールを加え超音波洗浄器で20分間抽出を行った。遠心分離(18,000g, 10min.)後, 上清10μlを高速液体クロマトグラフィー(HPLC)に注入した。

HPLC分析条件は以下のとおり。

カラム: TSKgelODS120A(5μm, 4.6mm i.d. x 250mm), 流速: 1ml/分, 温度: 35℃, 検出: UV200-400nm(化合物の同定), 284nm(定量)。

移動相: 10mM 1-ヘプタンスルホン酸ナトリウム(リン酸を用いてpH3.5に調整)・アセトニトリル濃度を順次25%(0分), 43%(10分から15分間は保持), 50%(22分), 80%(26分から30分は保持)に高めた。

結果及び考察

1. 気温及び生育概要

ケシ生育期間中の最高気温, 平均気温, 最低気温の旬別平均値をFig. 1に示した。生育期間中の最高及び最低気温の極値は, それぞれ28.5℃(6月16日), -6.3℃(12月27日)であった。

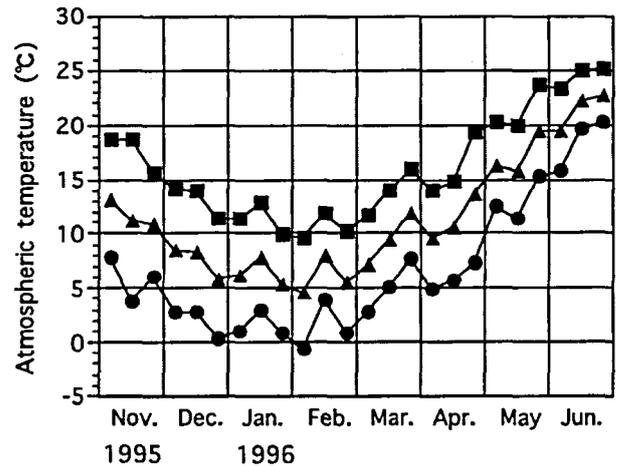


Fig. 1. Mean 10 days' maximum(■), mean(▲) and minimum(●) atmospheric temperature during growing period

秋まき区の生育, 開花は, 例年に比べ1週間程遅れ, 開花始めが5月5日, 開花盛期が5月10日であった。これは, 試験年における低温と出蕾期の小雨の影響と推察された。当該季は, 11月から翌春に渡り低温で推移し, 特に出蕾期の4月の平均気温は, 過去10年間の平均気温より4.0℃低く, また同月の降水量も例年の20%程であった。春まき区の開花始めは5月27日, 開花盛期は6月1日であった。

なお, 両区の植物体は, 開花の遅延の他は, 凍害, 強風及び病虫害による大きな損傷もなく, 収穫期まで順調に生育した。

2. 植物体の生育特性

秋まき区及び春まき区における, 植物体の生育特性の結果をTable 1に示した。

草丈をはじめとする植物体の生長量は, 明らかに秋まき区が大きく, 生育期間の差を反映した。さく果柱頭片の数及び稔実種子数には両区の差はなかった。しかし, 秋まき区の種子数に大きな個体間変動が認められた。

春まき区のさく果は, 秋まき区に比べ一回り小さく, 広楕円形状のものが多かった。一貫種の特徴である下方が膨れた卵形ものは少なく, 形態的特徴を十分発揮するほど生長していないように思われた。

3. あへん収量

秋まき区及び春まき区における, 1アール当たりのあへん乾燥収量及びあへん分泌株(果)数を, Fig. 2及びTable 2にそれぞれ示す。

あへん収量は, 秋まき区が212.09g, 春まき区が142.1gで, 春まき区収量は秋まき区の67%であった。秋まき区は4回のあへん採取が行えたが, 春まき区の切傷3回目には, あへんはほとんど分泌されず, 採取は2回で終了した。秋まき区における2回目までのあへん収穫量は118.67gで

Table 1. Characteristics of *Papaver somniferum* L. sown in autumn and spring

Sowing season	Plant height cm	No. of leaves on stem	Maximum leaf		Diameter of stem		Capsule	
			Length cm	Width cm	Bottom cm	Top cm	Height cm	Width cm
Autumn ^{a)}	138.9±5.1	9.6±1.8	31.7±2.9	22.9±2.1	2.6±0.4	1.1±0.1	9.5±0.5	6.4±0.4
Spring ^{a)}	104.5±4.2	10.2±1.2	24.6±2.4	15.4±1.7	1.5±0.1	0.9±0.1	8.4±0.5	5.6±0.5

Values are the mean of 20 plants ± S.D. .

^{a)} Seeds were sown on November 17, 1995 and March 4, 1996.

Table 1. (continued)

Sowing season	No. of ray on capsule	Seeds/capsule		Dry weight/plant			
		Number	Dry weight g	Leaves g	Stem g	Capsule ^{b)} g	Root g
Autumn	12.0±0.9	6815±4011	2.04±1.20	26.99±6.03	36.38±7.68	11.53±1.64	13.09±3.24
Spring	12.4±0.9	6853±2410	1.97±0.69	12.18±3.35	13.83±2.46	7.86±1.11	5.58±1.65

^{b)} Capsule with seeds.

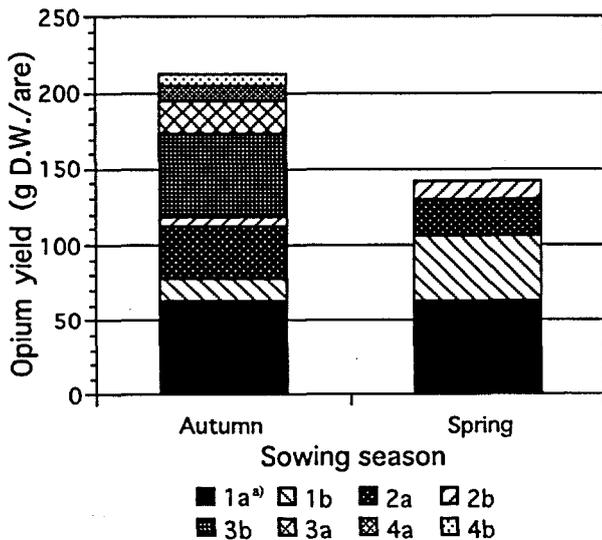


Fig. 2. Opium yield (g dry weight / are) of *Papaver somniferum* L. sown in autumn and spring

^{a)} Number represents incision order. a:immediate collection, b:continuative collection.

Table 2. Number of total capsules and productive capsules per an are of *Papaver somniferum* L. sown in autumn and spring

Sowing season	Total No. of capsules	No. of productive capsules			
		1st	2nd	3rd	4th
Autumn ^{a)}	841	816 (97.0)	770 (91.6)	670 (79.7)	387 (46.0)
Spring ^{a)}	861	824 (95.7)	592 (68.8)	0 (0)	0 (0)

Numbers in the parentheses indicate percentage of productive capsules to total number of capsules.

^{a)} is the same as Table 1.

あり、むしろ春まき区の方が多く、収量差は3、4回目の分泌量の差に起因した。

あへん収量(1アール当たり)は、秋まき栽培では、和歌山試験場における1965～1973年の9年間の平均値が244gを示し⁶⁾、350g以上のこともあったことが報告されている⁷⁾。春まき栽培では、北海道試験場における1993～1995年の3年間の成績が82～157g⁴⁾を示し、栽培法によっては240gに達した。また、北海道では3回の採取が可能であった。当場の成績は、秋まき栽培では和歌山より少なく、春まき栽培では北海道と同等に位置づけされる。

当場における春まき栽培では、切傷後の果実及び植物体の急激な疲弊が観察された。5月下旬以降の気温の上昇が植物体の疲弊を促進し、あへんの早期分泌停止の一因になったと推察される。

供試総株数に対するあへんを分泌した有効株(果)の割合は、秋まき区では切傷1回目、2回目、3回目及び4回目でそれぞれ97%、92%、80%、46%であった。一方、春まき区では1回目96%、2回目69%であり、春まき区での減少が顕著であった。また、あへん収量を1回目あへん分泌株数で除して得られた、1株(果)当たりのあへん乾燥重量は、秋まき区が0.260g、春まき区が0.173gであった。

4. あへんアルカロイド含量

あへん採取回数別のあへんアルカロイド含量をFig.3に示す。

モルヒネ、コデイン、テバイン、パバベリン及びノスカピンの総含量は1回目採取時に最も高く、切傷・採取回数が進むにつれて減少した。春まき区では、秋まき区に比べ、全体的に含量は低かった。なお、培養系及び環境ストレス

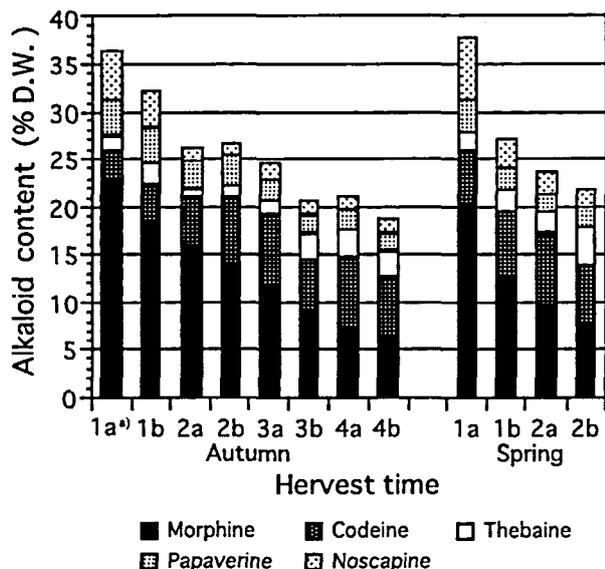


Fig. 3. Opium alkaloid content (% dry weight / are) of *Papaver somniferum* L. sown in autumn and spring
^{a)} is the same as Fig.2.

下で生成されるサンギナリン^{8a,b)}は検出されなかった。

5種類のアヘンアルカロイド含量のうち、モルヒネ、パパベリン及びノスカピンは初期に高く、切傷・採取回数が進むにつれて減少したが、コデイン及びテバインは回数が進むにつれて高くなった^{9a,b)}。組成比の変化は、春まき区でより顕著であった。

春まき区における組成比の推移は、秋まき区の後期に似ており、また、分泌アヘン量の変化と併せ、さく果のアヘン分泌能力とアヘンアルカロイド生合成酵素¹⁰⁾活性間に何らかの関連があり、切傷による植物体の疲弊あるいは老化がこれらに関連している可能性があるとして推察された。

各回ごとに採取したアヘン中のモルヒネ含量の平均値は、秋まき区が15.64%、春まき区が15.04%であり、また1アール当たりのモルヒネ生産量は、それぞれ33.16g、21.38gであった。

ま と め

伊豆薬用植物栽培試験場で、ケシー貫種の秋まき及び春まき栽培における、生育、アヘン収量及びアヘン中のアヘンアルカロイド含量を調査し、以下の結果を得た。

1. 播種からアヘン収穫までの生育期間は、秋まき栽培では約6ヶ月、春まき栽培では約3ヶ月であった。植物体の生長量及びさく果の大きさは、いずれも秋まき区が大きく、生育期間の差異を反映した。さく果柱頭片数及び稔実種子粒数には差が見られなかった。

2. 1アール当たりアヘン乾燥収量は、秋まき区が212.09g、春まき区が142.13gであった。秋まき区は切傷4回目までアヘン採取が可能であったが、春まき区は2回で停止し、収量差は3、4回目の分泌量の差に起因した。

3. モルヒネ、コデイン、テバイン、パパベリン及びノスカピンの総含量は1回目採取時に最も高く、切傷・採取回数が進むにつれて減少した。春まき区では、秋まき区に比べ、全体的に含量は低かった。5種類のアヘンアルカロイド含量のうちモルヒネ、パパベリン及びノスカピンは初期に高く、切傷・採取回数が進むにつれて減少したが、コデイン及びテバインは回数が進むにつれて高くなった。成分組成比の変化は、春まき区で顕著であった。

4. 各回ごとに採取したアヘン中のモルヒネ含量の平均値は、秋まき区が15.64%、春まき区が15.04%であり、また1アール当たりモルヒネ生産量はそれぞれ33.16g、21.38gであった。

以上のように、伊豆におけるケシーの秋まき栽培は、厳冬季の凍害や春先の強風による倒伏の危険性はあるものの、植物体は大きく生長し、収量が高く、種子は充実し、品種の特性を發揮しうるなどの特長があった。一方、春まき栽培では、上記気象による植物の損傷は回避され、栽培期間が短縮されるが、アヘン収量が低いことなどが明らかとなった。また、両栽培法におけるアヘン中のモルヒネ含量には、大きな差は認められなかった。

春まき栽培における大きな問題点は、アヘン収穫期が梅雨期間中となることであった。今後、伊豆における春まき栽培が、安定した作型となるためには、播種期の移動等、アヘン収穫が梅雨入り前の6月上旬までに終了するような栽培法の検討が必要であろう。

文 献

- 1) 厚生省医薬安全局麻薬課：麻薬・覚せい剤行政報告，pp.15-22 (1999)
- 2) 厚生省薬務局麻薬課監修：“けし植物図譜”，第一法規，東京，pp.105-106 (1989)
- 3) a) 木下孝三：衛試報告，74，69-71 (1956)；b) 川谷豊彦，藤田早苗之助，大野忠郎：衛試報告，75，151-155 (1957)
- 4) 厚生科学研究費「生態系農業に基づくケシ栽培法の確立に関する研究」報告書，平成3年度～8年度
- 5) Yoshimatsu, K. and Shimomura, K.: *Plant Cell Reports*, 11, 132-136 (1992)
- 6) 大野忠郎，木下孝三，小峰常行：衛試報告，93，106-108 (1975)
- 7) 木下孝三：衛試報告，75，189-198 (1957)
- 8) a) Furuya, T., Ikuta, A. and Syono, K.: *Phytochemistry*, 11, 3041-3044 (1972)；b) Yoshimatsu, K. and Shimomura, K.: “Biotechnology in agriculture and forestry, vol. 45 Transgenic Medicinal Plants”, eds. by Bajaj, Y. P. S., Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. pp. 178-192 (1999)
- 9) a) 佐竹元吉，栗原孝吾，畠山好雄，堀越 司，高橋一徳，鳥峯望彦，大野昌子：衛試報告，102，117-120 (1984)；b) Tookey, H. L., Spencer, G. F., Grove, M. D. and Kwolek, W. F.: *Planta medica*, 30, 340-348 (1976)
- 10) ツェンク, M. H., 田端 守: *Natural Medicines*, 50, 86-102 (1996)