The Japanese Society of Pharmacognosy

生 薬 学 雑 誌
Shoyakugaku Zasshi
41(1), 75～79 (1987)

センブリの試作栽培（第8報）
種子の発芽におよぼす温度の影響について[1)]

小林 正夫
東京都薬用植物園

On Trial Cultivation of *Swertia japonica* Makino (VIII)
Effect of Temperature on Seed Germination[1)]

Masao Kobayashi

Tokyo Metropolitan Medicinal Plants Garden
72 Nakajima-cho, Kodaira, 187, Japan

(Received October 20, 1986)

A survey was done on the germination of *Swertia japonica*. The seeds obtained from a wild strain were cultivated for four generations by intraspecific crossing, and then only the large seeds were selected. The seeds were dried, stored at low temperature and sowed every five days, 16 times froms March 1 to May 21, 1984. The results were as follows;

1) Each germination rate of the seeds sowed in March was about 80%. The optimum temperature for germination was 13.4±2.2°C.

2) Altering temperature was effective for germination. Higher germination rates were obtained with a minimum temperature of 5–10°C and an average temperature of 13°C for ten days.

3) A correlation between germination rates and temperature was observed. The daily minimum temperature was accumlated for about 18 days after sowing, and high germination rates were found when the accumlated temperature was over 40°C.

4) The dry seeds treated with low temperature had, even without wet treatment, a germination of about 80% under natural conditions when sowed at the right time.

Keywords——Gentianaceae; *Swertia japonica*; seed germination; low temperature

センブリの栽培上，種子の発芽率を高めるために，種子の保存条件および播種適期を選ぶことが重要である．とくに種子の発芽には一定の低温を必要とすることが知られている[2~3)]．そのため，播種時期はその地方の気温に従い，暖地ではなるべく早く，寒地ではそれより遅く播種する必要がある．井上等は湿潤保存種子を2°Cの低温に60日間処理したものが発芽率が高く，発芽に最適であることを報告している[4)]．しかし，以上の研究結果において，いずれも発芽率は50%前後の低率であり，さらに発芽時期が不揃いである．著者はセンブリ系統間の交雑を行い，F_1 以後に生じた優良系統の選抜を行い，種子の発芽率が高く，生育の優れた株から種子を採取し，さらに種子の大きさを揃えて発芽試験を行った結果，比較的発芽が揃い，高い発芽率が観察された．この発芽率の高い種子を用いて，自然条件下における発芽の最適温度および発芽率と低温要求量（積算温度で示す）の相関関係等について検討を加えたので報告する．

材料および方法

1. 供試種子

供試した種子は，1966年に都下青梅市で採集した野生種子を1973年まで4代にわたって継代栽培による選抜を行い，1973年には，前報[5)]で報告したとおり，あらかじめ除雄したセンブリの柱頭に始めリンドウの花粉を受粉し，1日おいて別の系統のセンブリの花粉を混合受粉して得られた種子を翌年播種して F_1 を育成した．F_1 の形態は両親とほとんど変わりはなかったが，発芽率が高く，病害に対しても抵抗性を示した（染色体については調べていない）．それ

NII-Electronic Library Service

The Japanese Society of Pharmacognosy

TABLE I. Accumulated Temperature from Sowing to Germination (1984)

	Date of sowing	First germination	Period (days)	Minimum temperature (C°)						
				under 0	0–5	5–10	10–15	15–20	20–25	Total
1	Mar. 1	Apr. 30	60	23– −67.8	20–53.1	15– 97.0	2– 22.2			104.5
2	6	28	53	18– −49.3	18–45.1	15– 97.0	2– 22.2			115.0
3	11	28	48	13– −32.6	20–53.1	13– 92.5	2– 22.2			135.8
4	16	27	42	9– −16.8	19–48.5	13– 92.5	1– 10.6			134.8
5	21	29	39	5– −11.5	18–45.1	14–100.0	2– 22.2			155.8
6	26	30	35	1– – 1.7	17–44.1	15–107.0	2– 22.2			171.6
7	31	May 1	31	1– – 1.7	12–40.6	16–113.5	2– 22.2			167.6
8	Apr. 12	13	31		6–24.5	18–136.0	8– 96.0			256.5
9	16	16	30		5–22.3	15–122.3	10–116.7			261.3
10	21	19	28		3–13.6	14–117.1	11–126.8			257.5
11	26	23	27		1– 5.0	11– 93.7	15–182.9			281.6
12	May 1	Jun. 4	34		1– 5.0	8– 72.7	17–201.2	8–132.6		411.5
13	6	5	30			5– 46.0	16–189.2	9–148.7		383.9
14	11	12	32			4– 36.5	13–155.1	14–237.0	1–22.5	451.1
15	16	8	23			2– 18.5	10–121.1	11–187.0		326.6
16	21	17	27				8–100.9	17–292.6	2–47.6	441.1

Minimum temperature: * Left number—Accumulated temperature from sowing to germination, ** right number —total day under individual minimum temperature.

以後，1983年までに F_5 を育成し，今回用いた種子は F_6 に当たり，1966年に初めて播種してから17年間にわたって選抜を繰り返し，馴化育成した系統である．

2. 播 種 期

1984年3月1日から5日おき（4月上旬のみ12日おき）に5月21日まで16回播種した．

3. 播種方法

関東ローム層の下層土（赤土）に腐葉土三分の一を混ぜた用土を径 15 cm のポリポットにつめ，正確に秤量した種子 10 mg（種子数 130±10 粒）を平均に散布した．1区4連制．播種後は直接雨滴の当たらない屋外に置き，遮光率50%の寒冷紗で覆い，発芽を順調に進めるため，適宜灌水した．

4. 積算温度の算出

常法に従い，播種後から発芽するまでの間の日最低気温を播種期別に合計した数値を積算温度としたが，低温要求量の目安を得るために，TABLE I のように 0°C 以下から 5°C 刻みに6段階に区分して，それぞれの積算温度を表示した．

実 験 結 果

1. 種 子

供試種子の良否を調査するため，対照の野生系統の種子と共に，それぞれ 625 μm 以上，625～500，500 μm 以下の篩にかけて，大，中，小の比率および種子百粒重を求めると TABLE II のようであった．No. 3 系統の種子は野生系統の種子に比べて，大粒種子の出現比率が著しく高く，小粒種子は少なかった．また，種子百粒重はほとんど差がなかった．

2. 発芽日数と発芽率

播種期と発芽日数，発芽率の関係を TABLE III に示した．3月1日に播種すると60日目の4月30日に発芽し，発芽率は92.3%であった．播種期が遅れるにつれて発芽日数が漸減する傾向が認められ，特に5月21日に播種した区は，発芽日数が27日に短縮し，発芽率は10%に低下した．また，3月中に播種したものは，播種期に関係なく4月27日から5月1日までの5日間に集中して発芽し，発芽率も3月6日播種したものを除き80～90%であった．なお，5月6日以後に播種した区は，気温の変動によって発芽日数および発芽率ともに不揃いになった．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Society of Pharmacognosy

TABLE II. Comparation of the Seed Size and 100 Seeds Weight between Wild and Cultivated Strain *Swertia japonica*

No.	Strain	Sample (mg)	Size of seed			Weight of 100 seeds (mg)		
			Large (%)	Medium (%)	Small (%)	Large	Medium	Small
25	Wild	1560	14.1	57.4	28.5	7.5	4.5	2.0
3	S.J×G.S+S.J F_6	4530	46.4	53.0	0.6	7.6	4.0	2.5

* S.J: *Swertia japonica*, G .S: *Gentiana scabra* var. *buergeri*
受粉に際し，あらかじめリンドウの花粉を受粉してから，別のセンブリ株の花粉を混合受粉 (mixed pollination) した.

TABLE III. The Relation between the Date of Sowing and the Germination Rate on *Swertia japonica* (1984)

No.	Date of sowing	First germination	Days from sowing	Germination rate (%)
1	Mar. 1	Apr. 30	60	92.3
2	6	28	53	72.3
3	11	28	48	99.2
4	16	27	42	94.6
5	21	29	39	95.4
6	26	30	35	84.6
7	31	May 1	31	76.9
8	Apr. 12	13	31	68.5
9	16	16	30	60.5
10	21	19	28	50.3
11	26	23	27	40.0
12	May 1	Jun. 4	34	20.0
13	6	5	30	28.5
14	11	12	32	40.8
15	16	8	23	25.4
16	21	17	27	10.0

TABLE IV. The Correlation between the Low Temperature and Germination Rate on *Swertia japonica* (1984)

Temperature (°C)	Germination rate (r)
under 0	0.258
0–5	0.951
5–10	0.586
10–15	0.950

* Significant at 5% level.
** Significant at 1% level.

3. 気温と発芽率

播種期別の発芽率と発芽始め10日前の旬平均気温および旬最低気温を Fig. 1 に示す. TABLE III で示したように発芽率が80～90%の区は4月下旬に集中して発芽しているが，中間の4月29日を基準にとって，発芽前10日の旬平均温度を見ると 13.4±2.2°C であった. つまり，この温度が自然条件下におけるセンブリ種子の発芽最適温度であると推察される.

種子の発芽と気温の関係については，一般に旬平均気温が 13°C 前後，旬最低気温が 5～10°C である場合に平均して種子の発芽率が高く，旬平均気温が 15°C かそれ以上に上昇し，旬最低気温が 10°C 以上になると発芽率が急速に

NII-Electronic Library Service

The Japanese Society of Pharmacognosy

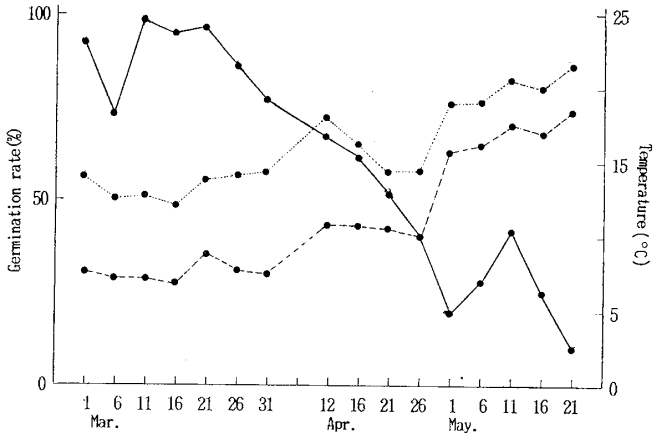

Fig. 1. Seasonal Changes between the Temperature and the Germination Rate on *Swertia japonica* (1984)

●——● Germination rate, ●·····● Mean temperature, ●----● Minimum temperature.

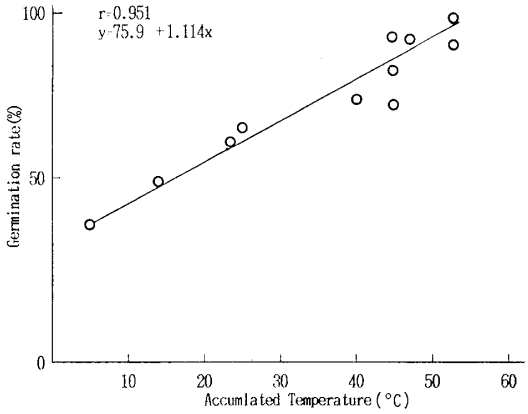

Fig. 2. Correlation between the Accumulated Temperature at 0°C to 5°C and the Germination Rate on *Swertia japonica* (1984)

低下する傾向が見られた．とくに，旬平均気温と旬最低気温の温度較差が大きいほど発芽率が高く，両者の較差が狭まるにつれて，発芽率は低下した．すなわち，発芽率が60％以上の場合は温度較差が，7.0～4.7°C，60％以下では4.0～2.7°C を示した．発芽率と気温較差との相関関係を求めると，$r=0.761$ の数値が得られ，センブリ種子の発芽には，変温が比較的大きく影響することが分かった．

4. 発芽におよぼす最低温度の影響

発芽におよぼす最低温度の影響を検討するため，さきにあげた TABLE I の中 No. 1. を見ると3月1日に播種したものは，4月30日に発芽し，発芽日数は60日になり，この間における 0°C 以下の温度は日数で23日間，積算温度は −67.8°C を示した．以下，0～5°C では20日間，53,1°C，5～10°C では15日間，97.0°C，10～15°C では2日間，22.2°C，15°C 以上は0日をそれぞれ示した．この表から，播種期が遅くなるにつれて，日最低気温も順次高くなるため，5月21日に播種したものは，10°C 以下の気温に遭遇していないことが分かる．

以上のことから，播種してから発芽するまでの6段階の最低気温と発芽率の間の相関関係をそれぞれ求めると，0°C 以下の低温では $r=0.258$ を示し，相関関係は認められないが，0～5°C では $r=0.951$ の高い正の相関関係が認められた．これに対して，最低温度が 10～15°C の場合には $r=0.950$ を示し，最低温度と発芽率の間に高い負の相関関係が認められた．中間の 0～5°C の低温では低い相関関係が示された．

これらの点から，播種してから発芽するまでの期間に 0～5°C 低温が長く持続するほど，発芽率が高く，逆に 10～15°C の最低温度が続くと発芽率が低下することを示唆しており，したがって種子の低温要求率は 0～5°C の範囲である．また，低温要求量 0～5°C と発芽率の間には，$y=75.9\pm1.114x$ の回帰式が求められるので，平均80％前後の発芽率を得るためには，0～5°C の低温の積算温度が 40°C 以上あることが必要である (Fig. 2.)．なお，その時の有効処理日数は 18±2.2 日である．

NII-Electronic Library Service

The Japanese Society of Pharmacognosy

考察および結論

前に述べたとおり，種子の大小と発芽率の関係を予備的に調査した結果では，大粒種子の発芽率78.9%，中粒種子69.4%，小粒種子22.2%で大・中粒種子に比べて小粒種子の発芽率は著しく低いことが明らかとなった．このことから，野生種もしくは未馴化の種子は，馴化した種子に比べて小粒種子が多いため，種子を選別することなく播種すれば，発芽率が低下するものと思われる．このため，高い発芽率を望むならば，種子を大および中粒に揃えることが必要である．

センブリ種子の発芽最適温度は，自然条件下で 13.4±1.2°C である．このことは，著者らにより1965年から1974年の10年間にわたる発芽実験[6]でも，発芽適温が 13°C 前後であったことから，今回の結果はさらに正確な発芽最適温度とみなすことができる．

変温が種子の発芽におよぼす点については，多くの植物について知られている[7~9]．センブリについては，畠山[10]が指摘しているように，胚が形態的に未成熟のため，胚の成長に適した低温に遭遇して発芽が可能になるまで長い時間がかかる．種子が発芽するまでの間の低温要求量と，昼夜の気温の較差が大きいほど，発芽率が高く，反対に発芽適温から外れ気温の較差が小さくなるにつれて，発芽率が低下すると言うことは，低温要求量だけではなく，発芽時期の変温も胚の成長を促進するものと思われる．

低温と発芽の関係については，80%前後の高い種子の発芽率から推定して，0～5°C の低温が 40°C 以上，有効処理日数18日前後与えられることが必要条件と考えられるので，温暖地では3月中に播種すればよいことが分かる．しかし，5°C 以下，または，10°C 以下の低温に1日も遭遇しなくても，発芽率は極めて低いが発芽するのは，播種するまでの間，5°C 前後の低温に種子を保存しておくためと思われる．

井上ら[4]は，センブリ種子の低温感温は湿潤状態にある場合に効果があり，乾燥状態ではほとんど効果がないとしているが，本研究では風乾種子のまま保存しておいたものでも，低温感温を受け高い発芽率を示した．この点については，今後更に実験を行い明らかにしたい．

以上，センブリの高い発芽率を得るためには，なるべくその土地に馴化した栽培系統を選び，採種後 500 μm 以下の篩で小粒種子を除いて，大・中粒のみに揃え，風乾状態のまま，5°C 前後を保つ場所に保管しておき，当該地方における適期に播種すれば，自然条件下での低温および変温によって，80%前後の高い発芽率を得ることが可能と思われる．

引用文献および注

1) 日本生薬学会第32回年会（岡山，1985年10月）において，一部を発表．
2) 中山　包，採集と飼育，**21**，258（1959）．
3) 小林正夫，農業および園芸，養賢堂，**49**，561（1974）．
4) 井上和秀，池永敏彦，大橋　裕，生薬，**31**，75（1977）．
5) 小林正夫，生薬，**32**，9（1978）．
6) 小林正夫，吉沢政夫，鈴木幸子，田中孝治，都衛生局学会誌，**61**，189（1978）．
7) 中山　包，発芽生理学，内田老鶴圃，東京，p. 17（1976）．
8) 藤伊　正，植物の休眠と発芽，東大出版会，東京，p. 38（1975）．
9) 中村俊一郎，農林種子学総覧，養賢堂，東京，p. 84（1985）．
10) 畠山好雄，日本生薬学会第23回年会講演要旨集，広島，p. 12（1976）．

NII-Electronic Library Service