

金時人参種子の発芽に関する研究

V 発芽抑制物質について*

渡辺正一, 安芸精一

On germination of Kintoki-carrot seeds

V Germination inhibitors in seeds*

Shoichi WATANABE and Seiichi AKI

(Laboratory of Vegetable Science)

(Received July 13, 1959)

I 緒 言

本研究は金時人参種子の発芽不良の原因探察の一環として1953~55年に亘り行なわれたもので、研究費の一部は文部省科学研究費補助によった。記して謝意を表する。

筆者等は金時人参種子に発芽遅延の現象があり、⁽⁸⁾ 新種子の発芽促進を図るためには水洗、日乾、毛除等の予措が効果的であることを述べた。⁽⁹⁾ 本報告はこれ等の予措が何故発芽促進に効果的であるかを究明せんために行なった実験結果の一部である。種子中発芽抑制物質の存在については CROCKER 及び BARTON 氏⁽¹⁾の著書に示され、わが国においても石川氏⁽⁴⁾、牧野及び宮本氏⁽⁷⁾がほうれんそう、近藤氏⁽⁵⁾等が小麦、安田氏⁽¹²⁾が芥菜及び土白菜等、堀及び杉山氏⁽³⁾がたかな類種子においてその存在を考えている。金時人参種子について筆者の一人⁽¹⁰⁾は既に1953年にその存在を予知し、発芽遅延の機構について予報⁽¹¹⁾したが、この報告は是が実験的経過について述べんとするものである。

II 試験方法

発芽抑制物質の存在及びその作用を証明するために次の諸実験を行なった。

(I) 発芽抑制物質の存在を証明するための試験。

1. 種子浸出液の発芽に及ぼす影響
 - a 浸出液を再び種子に吸収せしめて乾燥後発芽試験を行なった場合
 - b 浸出液で発芽試験を行なった場合
2. 溶媒を変えた場合の浸出物の発芽抑制作用
3. 浸出物が他のそ菜種子の発芽に及ぼす作用

(II) 発芽抑制物質の含有部位に関する試験。

4. 果皮の浸出物の発芽に及ぼす影響
5. 果皮、種皮、胚乳(含胚珠)の浸出物の発芽に及ぼす影響

(III) 新旧種子及び熟度を異にする種子中に含まれる発芽抑制物質。

6. 古種子及び新種子中に含まれる発芽抑制物質の作用
7. 花繖の水洗による抑制物質の溶失に関する試験

(IV) 発芽抑制物質に対する光、熱、乾燥の影響。

8. 発芽抑制物質に及ぼす光の影響
9. 発芽抑制物質に対する日乾、熱乾の影響

以上の試験を行なうに当り、一連の試験に用うる材料は総て同一花繖の種子を用い、同一試験を繰り返すためには、花繖の数を3~5個用い3~5区制とした。発芽試験は9cmシャーレに濾紙2枚を用い、一つのシャーレに100粒を置床し、発芽勢は5~6日間、発芽率は16日間の発芽数を以て示した。

*園芸学会昭和30年秋季大会において発表

Ⅲ 試験結果

(I) 発芽抑制物質の存在及び作用について。

1. 種子浸出液の発芽に及ぼす影響

a 水洗乾燥種子に直接浸出液を吸収せしめた場合、水50ccに種子2000粒の割合で2、5時間浸漬した種子を、Aは水で、Bは同じ種子4000粒を50ccの水で20分間煮沸濾過した浸出液を吸収乾燥した後水で、Cは無水洗種子をそのまま水で常法により発芽試験を行なった。試験は3花繖3区制とした。平均結果は次のようである。

第1表 浸出液再吸収種子の発芽

発芽		処理別	A	B	C
発芽	勢		28.27 %	20.95 %	15.10 %
発芽	率		78.00	74.35	73.32

b 浸出液で発芽試験を行なった場合。この場合はAは水洗乾燥種子をそのまま、Cは無水洗種子をそのまま常法により発芽試験を行ない、BはAと同様に処理した種子に浸出液（種子0.5gを15ccの水に16時間浸漬し煮沸濾過したもの）を濾紙に注いで発芽試験を行なった。試験は5区制とし5花繖を用いた。

第2表 浸出液を注いだ濾紙上での発芽

発芽		処理別	A	B	C
発芽	勢		25.70 %	20.95 %	15.10 %
発芽	率		78.00	74.35	73.30

以上2実験により種子中には発芽抑制物質を含み、水で溶出することができることが分かった。

2. 溶媒を変えた場合の浸出物の発芽抑制作用。

a エーテル、アルコール浸出物の発芽抑制作用。この試験は0.5gの種子をそれぞれ適量のエーテル(A)あるいはアルコール(B)に1日浸漬し、是を4枚の濾紙に吸収せしめて、溶媒が揮発した後、この濾紙上で予め水洗乾燥した種子の発芽試験を行なったもので、比較のためにCはエーテルのみ、Dはアルコールのみを吸収揮発せしめたもの、Eは無処理濾紙を用いて発芽試験を行なった。試験は5花繖を用い5区制とした。

第3表 エーテル、アルコール浸出物の発芽抑制作用

発芽		処理	A	B	C	D	E
発芽	勢		73.8 %	21.2 %	82.0 %	80.8 %	79.4 %
発芽	率		81.2	62.2	85.5	83.6	83.4

b 発芽抑制物質と溶媒との関係。この試験は発芽抑制物質の性質を知るために、アルコール浸出物を、A₁はまず水で溶解濾過し、A₂は残物をアルコールで溶解したもの及びB₁は同じくアルコール浸出物をエーテルで溶解濾過し、B₂は残物をアルコールで溶解したものを濾紙に吸収せしめ、乾燥後常法に従って是等の濾紙上で発芽試験を行なった結果である。

第4表 発芽抑制物質の水、エーテル及びアルコールによる溶解性

発芽		A			B		
		A ₁	A ₂	標準	B ₁	B ₂	標準
発芽	勢	29.25%	47.50%	61.75%	23.20%	40.00%	53.00%
発芽	率	84.20	86.85	90.45	78.45	91.50	92.60

c 浸出物の濃度と発芽抑制作用。次の如き方法により発芽抑制物質を稀釈してその抑制能力を調査した。結果は第5表のようである。

第5表 発芽抑制物質の濃度と抑制作用

処 理 及 び 濃 度		発 芽 勢	発 芽 率
A ₁	0.3285gのアルコール浸出物を40ccの蒸溜水で溶解、濾紙1枚に2cc吸収乾燥	47.2%	92.0%
A ₂	A ₁ を5倍に稀釈し濾紙1枚に2cc吸収乾燥	64.8	93.8
A ₃	A ₂ 液を更に5倍に稀釈して使用	66.8	92.8
B ₁	A ₁ 処理残渣を40ccエーテルで溶解、以后同様	12.0	80.0
B ₂	B ₁ 液を5倍に稀釈して使用	45.1	93.8
B ₃	B ₂ 液を5倍に稀釈して使用	58.1	91.2
C ₁	B ₁ の場合の残渣を40ccアルコールで溶解使用	49.0	89.5
C ₂	C ₁ 液を5倍に稀釈して使用	56.0	89.5
C ₃	C ₂ 液を5倍に稀釈して使用	53.5	90.5
D	蒸溜水のみで発芽	67.0	91.5

3. 浸出物が他のそ菜種子の発芽に及ぼす作用。

人参種子9gを120ccのアルコールに2日間浸漬し、濾液を50枚の濾紙に吸収してアルコールを揮発せしめ、この上で常法に従って各種のそ菜種子の発芽試験を行なった。

第6表 発芽抑制物質のそ菜種子に対する作用

材 料	処 理 区		無 処 理 区	
	発 芽 勢	発 芽 率	発 芽 勢	発 芽 率
ち し や	4.0 %	52.2 %	47.8 %	71.8 %
ね ぎ	33.6	78.2	66.6	75.8
は く さ い	45.4	92.8	70.2	93.2
だ い こ ん	29.3	65.2	53.0	65.8
ほ う れ ん そ う	17.6	54.0	42.0	69.2

備考：発芽勢の決定はちしや（白かきちしや）4日間、ねぎ（九条太葱）3日間、はくさい（松島純二号白菜）1日間、だいこん（聖護院大根）2日間、ほうれんそう（次郎丸）6日間の発芽を以て示す。

以上4実験より発芽抑制物質はアルコール、エーテル等に溶解して水に溶解しないものがあり、アルコールに溶解してエーテルに溶解困難なものもあり単一物質でないことを示す。従って同じ浸出物でも溶媒によって抑制作用に強弱が認められる。またこの抑制物質は人参以外の他のそ菜の発芽を抑制する作用が認められた。

(II) 発芽抑制物質の含有部位について。

4. 果皮浸出物の発芽抑制作用。同一花繖種子を2分し、一方を水洗乾燥し、他はそのまま乾燥してそれぞれ毛除し、是等の果皮2gをそれぞれ50ccの水で10分間煮沸し、この濾過液2ccにつき先の水洗乾燥種子100粒を浸漬乾燥した後、常法によって発芽試験を行なった。試験材料として褐熟、黄熟、緑熟種子の果皮を用いた。

第7表 水洗果皮及び無水洗果皮中の発芽抑制物質の作用

材 料	無 水 洗 果 皮 浸 出 液			水 洗 果 皮 浸 出 液		
	褐 熟 種 子	黄 熟 種 子	緑 熟 種 子	褐 熟 種 子	黄 熟 種 子	緑 熟 種 子
発 芽 勢	38.00%	22.00%	28.75%	38.80%	42.25%	36.00%
発 芽 率	42.80	31.20	35.50	43.25	47.80	41.25

同様の試験を煮沸液を用いず浸漬液について行なったが上表と同傾向の結果が得られた。

5. 果皮、種皮及び胚乳浸出液の発芽抑制作用。種子を充分乾燥し、手でもんで果皮を取り、次に臼でついで種皮をとり、それぞれの重量比を求め、その比率に応じて果皮2.70g、種皮0.67g、残部(胚乳及胚芽)5gを得、是を各30ccのアルコールに浸漬して抑制物質を浸出し、濾紙1枚について2ccを吸収せしめ、100°Cで乾燥してアルコールを揮発して後、常法により発芽試験を行なった。材料は緑熟及び中熟種子を用い、発芽に用いた種子は予め水洗乾燥した毛除種子である。

第8表 種子各部浸出物の発芽抑制作用

材料	処 理 発 芽	果皮浸出液		種皮浸出液		胚乳(含胚芽)浸出液		水	
		発芽勢	発芽率	発芽勢	発芽率	発芽勢	発芽率	発芽勢	発芽率
緑熟種子		42.3%	74.3%	54.0%	81.0%	54.3%	81.0%	%	%
中熟種子		44.5	71.8	61.3	82.5	58.3	78.5	73.3	83.8

同様の傾向は蒸溜水浸出物についても得られた。

以上2実験により、発芽抑制物質は果皮、種皮、その他の部分いずれにも含有せられ、この中最も抑制作用の甚だしい部分が果皮であることが分る。

(Ⅲ) 新旧種子及び熟度を異にする種子中に含まれる発芽抑制物質。

6. 新旧種子中に含まれる発芽抑制物質の作用。昭和28年産及び29年産の古種子及び新種子の同量をアルコール浸出し、濾紙に吸収乾燥し、この上で常法により予め水洗毛除した種子の発芽試験を行なった。5花繖5区制の平均結果は次のようである。尙この試験は比較種子が生産年度を異にし、比較対照に困難のため、29年産種子の同一花繖種子を半量5ヵ月間更に日光に当る処に放置し、是から浸出物をとり、前と同一の種子を以て発芽試験を行なった。

第9表 新古種子中の発芽抑制物質

試験日	処 理	発 芽 勢			発 芽 率		
		古種子浸出物	新種子浸出物	無 処 理	古種子浸出物	新種子浸出物	無 処 理
昭29.10.1		56.3%	56.3%	72.0%	74.8%	74.8%	76.6%
昭30.3.31		—	58.3	73.4	—	79.6	80.2

この試験では新旧種子の浸出液が同じような抑制作用を示した。しかし数次による試験では種々異なる結果を示した。恐らく材料が異なるためであろう。この試験で新種子が採種後3ヵ月目と8ヵ月目において含有抑制物質の作用に大差を示さなかったことは、第1回及び第2回目の発芽試験の結果と無処理区の発芽結果より容易に察知することができる。本試験において、新種子の後期発芽率が前期発芽率よりも稍高い理由は、無処理区の結果をも考慮に入れると、貯蔵により抑制物質の作用が減退したと考えるよりも、後熟のために発芽力が増加したために発芽率が高くなったと考える方が至当であると思われる。

7. 花繖の水浸による抑制物質の流失について。黄熟及び緑熟花繖各7個を花基約30cmをつけて切り取り、花繖を縦に2等分し、二つのグループに分けて切口を水中に挿入し、第1区はそのまま放置し、第2区は毎日30分間ずつ花繖を水中に入れて、是を1週間継続し、両者を花繖別に採種して室内に貯蔵し、1ヵ月後及び10ヵ月後に発芽試験を行なった。

第10表 花繖上における発芽抑制物質の流失

試験 期日	材 料 発 芽 処 理	緑 熟 花 繖				黄 熟 花 繖			
		発 芽 勢 %		発 芽 率 %		発 芽 勢 %		発 芽 率 %	
		処 理	無 処 理	処 理	無 処 理	処 理	無 処 理	処 理	無 処 理
7月3日発芽試験		8.00	1.50	25.20	19.80	12.00	2.30	21.30	16.90
11月1日発芽試験		16.20	5.30	50.40	46.90	41.20	17.90	67.80	55.40

浸水した花繖の発芽率が高い。このことは圃場において雨のために発芽抑制物質の1部が流失するであろうことを予想せしめる。

(IV) 発芽抑制物質に及ぼす光の影響。

同一花繖からとった果皮を透明及び黒色のビニールに包んで日蔭の冷所に1ヵ月間放置し、是の蒸溜水浸出液を予め水洗乾燥毛除した種子に吸収せしめ、乾燥后常法に従って発芽試験を行なった。6花繖6区制の平均は次のようである。

第11表 発芽抑制物質に及ぼす光の影響

発芽 材料 処 理	発 芽 勢 %		発 芽 率 %	
	中 熟 種 子	完 熟 種 子	中 熟 種 子	完 熟 種 子
透 明 ビ ニ ー ル	47.7	64.2	71.0	83.7
黒 色 ビ ニ ー ル	43.7	64.5	68.7	79.5

この種の試験は更に幾度か繰返したが差異が認められなかった。

9. 発芽抑制物に及ぼす日光、高温、乾燥の影響。8gの種子を200ccのアルコールに浸漬し、濾紙1枚について浸出液2ccを吸収して陰乾し、それぞれAは日乾(2時間)、Bはそのまま、Cは熱乾(60~70°C 2時間)、Dは塩化カルシウム乾燥(20時間)した濾紙上で常法により発芽試験を行なった。7区制の平均結果は次のようである。

第12表 日乾、陰乾、熱乾、CaCl₂乾燥と発芽抑制物質の作用

発 芽 処 理	日 乾 燥	陰 乾	熱 乾	CaCl ₂ 乾燥	無 処 理
発 芽 勢	74.84%	74.65%	74.55%	76.15%	82.90%
発 芽 率	80.25	80.15	80.20	80.60	85.20

以上の2実験によると光、熱、乾燥処理は発芽抑制物質の作用を減退しないようである。

IV 考 察

種子中発芽抑制物質が存在することを証明する方法としては、浸出液を濾紙に注ぎ、水を注いだ濾紙上での発芽試験の結果と比較することが行なわれたが、⁽¹⁾⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾この方法の一つの欠点は浸出液の濃度が種子の水分吸収を阻み発芽遅延の原因となる場合のあることである。深城氏⁽²⁾は是を避けるために浸出液の濃度と同様の砂糖液を作り、その結果を比較検討した。本実験においてもこの点を考慮し、氷点降下法により浸出液の滲透圧を測定し、是と同圧の砂糖液を作り、両者を比較したが、この試験には一、二の困難な問題があり所期の結果が得られなかった。よって浸出液を再び種子に吸収せしめ、是の発芽結果を比較するために実験Iのa、b両方の試験を行なったわけである。但しこの場合にも再度種子を一定期間液中に置くために発芽力に影響を及ぼす恐れあることを考え、同様の処置を水でも行ない比較検討した。以上の結果、浸出液で処理した種子は発芽が遅延し、発芽抑制物質の存在を示した。発芽抑制物質の存在を知る最も確実な方法は抑制物質を抽出することであり、既に、CROCKER及びBARIONの著書⁽⁴⁾にも抑制物質として数種の物質があげられている。わが国においても牧野、宮本両氏⁽²⁾はほうれんそうより抑制物質として蓆酸塩類を抽出している。本実験においては抑制物質の本体を極めることはできなかったが、アルコールで種子を浸漬し、浸出液のアルコールを揮発することにより半個体性物質を得、是を再度エーテル、アルコールあるいは水で溶解し、その性質を検討した結果、是が発芽抑制作用を有することを明らかにすることができた。尙この物質が数種のもろ種子の発芽をも抑制することが判明したが、このようにある種の種子からとられた抑制物質が他の種子の発芽を抑制することはCROCKER及びBARIONも記述する処である。

発芽抑制物質が種子のどの部分に存在するかについては、従来種皮中とかあるいは種子全体とか、種々の結果が得られているが、本実験においては果皮、種皮、胚乳等の総てに含まれることが証明され、特に果皮浸出液が最も抑制作用が大きかった。但しこの結果は果皮中の抑制物質の含有率が最も高いと言うことではなく、金時人参果実中果皮の量が最も多く、従って含有量も多いというわけである。果皮中に含まれる抑制物質の量が多いことは、毛除種子が

発芽良好であるという筆者の実験成績を証明するものである。但し果皮の除却が種子の一部に傷害を起し、吸水、呼吸作用を好都合にするために発芽を促進するであろうとの疑問も生ずるから、種皮の一部を針で傷つけ、無傷種子と発芽の比較を行なったが、結果はむしろ逆であり、毛除の効果は果皮中の発芽抑制物質を除却するためであるとの確信を一層強くすることができた。

本実験⁽⁷⁾の抑制物質の流失に関する試験結果は、圃場において生育の途上で枯死した草本から取った褐色の種子が、その発芽率に比して発芽勢が比較的よい結果を示したことや⁽⁸⁾、成熟度を異にする種子からとった浸出液の発芽抑制作用が異なる第7表の結果は、成熟途中において降雨のために漸次抑制物質が流失するためであろうと言う証明の根拠を与えるものと思う。

発芽抑制物質が光、熱、乾燥等の作用によって漸次その能力を減退するのではなかろうかとの考え方は日乾、熱乾、貯蔵等によって——程度の差はあるが——漸次発芽率を増加することから予想せられるが、本実験の結果は総て負の結果が得られた。発芽抑制物質が極めて安定な物質で熱に強いことは CROCKER 及び BARTON も述べる所であり、このような結果から考えると人参種子が日光乾燥、貯蔵等によって発芽率の増加を来す理由は、発芽抑制物質が是等の処理によって抑制能力を減退するのではなく、胚珠の後熟が進み発芽力を増加するためであると考えることが至当のようである。本実験中同じ程度に熟した花繖から得た種子浸出液でも発芽抑制作用には差異が認められた。このことは毛除種子の発芽試験においても認められることであるから、恐らくこのような相異は系統による遺伝的素質によるものであらうと考えられる。金時人参種子の発芽遅延の原因としては、更に光に対する反応と、その消長の問題が考えられるが是については更に別報する。

V 結 論

1. 金時人参種子中には発芽抑制物質を含有し、含有量は果皮中に最も多いが、種皮及び胚乳(含胚珠)中にも存在する。
2. この発芽抑制物質は単一物質ではなく、水、アルコール、エーテル等によって抽出量が異り、アルコール抽出物中にはエーテルや水に溶解困難な物質をも含む。
3. この発芽抑制物質は人参以外のそ菜種子の発芽をも抑制する性質がある。
4. 発芽抑制物質の作用は収穫期、種子の熟度、あるいは同熟度でも異った花繖からとった種子の浸出液によって強弱が認められる。恐らく系統による遺伝的素質の相違や、成熟中の降雨によって抑制物質の一部が流失するためではなかろうかと考えられる。
5. 発芽抑制物質は日光、熱(100°C以下)、乾燥貯蔵等によって量及び質に変化を来さない。
6. 以上より水洗、毛除が発芽促進に効果的である原因は、水洗、毛除により抑制物質の減少を来すためであり、日乾、貯蔵等によって発芽率の高くなる理由は是等によって抑制物質の量あるいは作用を減少するためではなく、後熟作用による胚珠の発芽力の増加にあると考えるべきである。

引 用 文 献

- | | |
|--|--|
| (1) CROCKER, W. BARTON, L. V.: <i>Physiology of seeds</i> . Chronica Botanica Co, U.S.A. (1955). | 発芽後の生長を抑制する物質について、育種学研究, 4 (3), 158~160 (1955). |
| (2) 深城貞義: 果汁の種子発芽に及ぼす影響問題に就て, 九大農, 学芸雑誌 4 (2), 119~133 (1930). | (8) 渡辺正一, 浅野宏, 前田正: 金時人参種子の発芽に関する研究(第一報), 香川農科大学学術報告, 7 (1), 27~30 (1955). |
| (3) 堀裕, 杉山直儀: タカナ類の種子の休眠について(第二報), 園芸学会雑誌, 22 (4), 72~80 (1954). | (9) 渡辺正一: 全上Ⅱ, 園芸学会雑誌, 23 (4), 237~244 (1954). |
| (4) 石川茂雄: ほうれんそう果皮中にある生長抑制物質について, 植物学雑誌, 64, 755~756 (1951). | (10) ———: 金時人参の種子, 良種, 1 (2), 1~5 (1953). |
| (5) 近藤万太郎, 高橋隆平: 小麦の穂発芽現象について, 農学研究 30, (1938). | (11) ———: 金時人参の採種と播種, 新種苗, (7), 16~17 (1955). |
| (6) 笠原安夫: 種実の発芽促進及抑制, 農学研究, 36 (1944). | (12) 安田貞雄: 種子生産学, 東京, 養賢堂 (1950). |
| (7) 牧野岩男, 宮本隆夫: ほうれんそうの種子における | |

R é s u m é

One of the authors, WATANABE reported the effects of presoaking and removal of pericarp on the germination of Kintoki-carrot seeds in *Journal of the Horticultural Association of Japan* Vol. 23, No. 4, 1954. The present study, as described below, was made from 1953 to 1955 to clarify why these treatments are effective.

I. In order to certify the existence of germination-inhibiting substances in carrot seeds:

(1) Water extracts of carrot seeds were used to germinate carrot seeds with the following two methods:

(a) Comparative germination of seeds pre-soaked in water, one treated with water alone, and the other with the water-extracts of seeds.

(b) Comparative germination of seeds sown on filter paper, one containing tap water, and the other containing water-extracts of seeds.

(2) Ethyl alcohol and ethyl ether extracts of carrot seeds were used in germination test of carrot seeds.

II. The location of the germination-inhibiting substances was investigated, separating the seed into pericarp, seed coat and the remaining parts of the seed.

III. The power to inhibit germination by the substances contained in old and newly harvested seeds was compared.

IV. In order to clarify why the germination rates vary between seeds which were harvested at different times or stored under various conditions, experiments were carried out to determine the effects of light, heat dryness and water soaking of umbella on germination-inhibiting substances.

Results obtained were as follows:

(1) Germination-inhibiting substances are present in all parts of Kintoki-carrot seeds, but are especially concentrated in pericarp.

(2) Germination inhibitors in carrot seed consist of various kinds of substances, and some of them are soluble in ethyl alcohol or ethyl ether, but are insoluble in water.

(3) These inhibitors can also inhibit germination of vegetable seeds other than carrot seeds.

(4) These inhibitors show variable effects with the maturity, harvest time and individuality of seeds from which these were extracted. Perhaps some of these differences may be hereditary in character, while others are caused by rains which dissolve the substances in the field.

(5) Sunlight, heat or dryness will not alter the ability of germination inhibiting substances to inhibit germination of carrot seeds.

(6) From the above results, it is concluded that the effect of presoaking or removal of pericarp depends on the quantitative decrease in the content of germination inhibitors in seeds (botanical fruits), and the increasing of germination by drying or storage depend on the stimulation of after-ripening rather than the decrease in the ability of the germination inhibitors caused from such treatments.