センダイハギ (*Thermopsis lupinoides* Link) 種子の物理的休眠の解除と発芽生態

近藤哲也¹⁾・高橋孔明¹⁾

1) 北海道大学大学院農学研究科 Grad. Sch. of Agri., Hokkaido Univ.
kondo@res.agr.hokudai.ac.jp

摘要: 本州中部以北の海岸の砂地にみられ初夏に黄色の花を付けるマメ科のセンダイハギは、時として大きな個体群を形成し、海岸地域の修景緑化材料として有望と思われる。本研究ではセンダイハギの種子発芽について知見を得た。種子は物理的休眠を有しており、その程度は採取場所や年によって異なったが、40-50 分間の濃硫酸への浸漬によって種皮に亀裂や穴が生じて吸水が可能になり高い発芽率を示した。また、凍結処理や凍結・解凍処理では種皮に微細な孔を生じたが発芽には至らなかった。休眠が打破された種子は、30℃付近で最も高い発芽率を示したが、20℃以下の低温では発芽率が低下した。また変温によっても発芽が促進された。4cm 以上の埋土深では発芽しなかった。

キーワード: センダイハギ, 種子発芽, 物理的休眠, 埋土, 硬実種子

KONDO, Tetsuya and TAKAHASHI, Komei : Breaking of physical dormancy and germination ecology for seeds of *Thermopsis lupinoides* Link.

Abstract : *Thermopsis lupinoides* Link blooms yellow flowers in early summer. It inhabits coastal sands in Japan from central Honshu northwards. *T. lupinoides* sometimes forms a large beautiful population, therefore it will be promising for landscaping or greening material in coastal areas. Seeds have a physical dormancy and the degrees of dormancy were differed according to the collecting places or the year in which they were collected. Soaking with concentrated sulfuric acid for 40-50 min caused cracks or holes on the seed coat and water absorption became possible, a high germination rate was then attained. Many fine holes on seed coat were caused by freezing or freeze-melting treatment, though both treatments did not promote the germination. Seeds broken their dormancy showed the highest rate of germination around 30℃ and germination was promoted by alternating temperature, however their germination rate decreased below at 20℃. No buried seeds germinated from the depth of 4cm or more.

Key words : *Thermopsis lupinoides*, germination temperature, physical dormancy, hard seed, burial depth

1. はじめに

センダイハギ (*Thermopsis lupinoides* Link) はマメ科の多年草で太い地下茎を持ち、北海道、本州中部以北の海岸の砂地にみられ、国外では北アメリカ北部、朝鮮、ロシア極東地方などに分布している^{5,14)}。5-8 月に長さ 2-2.5 cm の黄色の花をつけ、豆果は長さ 7-11 cm, 幅 5-8 mm で、1 つの莢に 10-15 の茶色の種子を持つ¹⁴⁾。北海道の海岸では、時折一面に広がる大きな群落を見ることができ、北方地域の海岸景観を特徴づける植物の一つと言える。このようなセンダイハギは、海岸地域における景観形成や植生回復の材料としても有望な種であると思われる。本種のそのような利用のためには、生育環境や生活史に関する情報を蓄積しておく必要があるが、それらに関する報告は見あたらない。センダイハギ属についても抽出物の毒性やそれを利用した防虫効果につい

ての研究が報告されている¹⁸⁾程度である。本研究では、センダイハギの生活史のうち最初の段階である種子の発芽に関する知見を得たので報告する。

2. 材料と方法

2.1 種子採取

夕張市栗山町の自然群落から種子を採取し、長沼町の圃場で育成していた栽培個体群から 2001 年 8 月 29 日と 2002 年 8 月 8 日に採取した (以下、それぞれ「2001 年長沼種子」、「2002 年長沼種子」)。さらに斜里町の自然群落からも 2002 年 8 月 14 日に採取した (以下、「2002 年斜里種子」)。いずれの採取地でも茶変した莢を採取して実験室に持ち帰った。採取後 4-10 日間実験室で自然乾燥を行った後、莢を手で揉んで種子を取り出した。これらの種子は以下の実験に供するま

で、紙封筒に入れ、シリカゲルの入った密閉容器に4℃で貯蔵した。「2002年斜里種子」の採取場所は、海からの潮風や砂礫が吹きつける厳しい環境であり、2002年6月の開花、結実初期には、海岸一帯に海水の飛沫を含んだ風が強く吹きつけ、センダイハギを始めとする海岸植物にかなりの損傷が認められた。採取した種子にも種皮が損傷しているものや、子葉が露出しているものが多く観察された。

2.2 恒温器を用いた発芽実験

とくに断りのない限り、以下の実験では9cmのガラスシャーレに濾紙を4枚敷いたものを発芽床とし、実験期間中は濾紙が乾燥しない程度に適宜滅菌水を補給した。1日12時間蛍光灯の光を照射し、種子表面での照度を2000 luxに設定した。発芽温度は、24時間一定温度の恒温区と、12時間毎に高温期と低温期が切り替わる変温区を設け、変温区では高温期に光を照射した。各発芽処理区では40粒の4反復を供試した。種子はその状態から、水を吸収して膨潤し幼根が1mm以上出現した「発芽」、子葉部分が幼根より先に出現した種子や根が褐変した「異常」、発芽せず腐敗した「腐敗」および発芽しなかった未発芽種子に分類し、未発芽種子はさらに、吸水して膨潤していた「未発芽吸水種子」と吸水せずに膨潤していなかった「未発芽未吸水種子」に分類した。

2.3 無処理種子の発芽に及ぼす温度の影響

「2001年長沼種子」では貯蔵60日後、「2002年長沼種子」では貯蔵2日後と88日後、「2002年斜里種子」では貯蔵15日後に、特別な処理を施さない種子（以下、無処理種子）を用い、恒温区および変温区で発芽実験を行った。

2.4 様々な処理が発芽に及ぼす影響

2.3の実験から無処理種子は、種皮が吸水できないために発芽し得ない物理的休眠を持つことが示唆された。そこで、多くの種子で発芽促進効果が得られている低温湿潤処理¹¹⁾のほか、物理的休眠の解除に効果が認められたとされている凍結処理¹⁵⁾、凍結・解凍処理^{15,16)}、穿孔処理、乾熱処理¹⁴⁾、沸騰水浸漬処理^{4,17)}が種子の発芽に及ぼす影響を検討した。この実験では、「2002年長沼種子」を供試し、以下に示したそれぞれの処理の後、30/20℃で発芽実験を行った。無処理種子では、貯蔵後125日を経過したものを供試した。低温湿潤処理では、貯蔵後75日目の種子を用い、5℃湿潤条件下に30日または60日間置いた。凍結処理では、貯蔵後100日の種子を用い、-20℃で30日間凍結した後、室内で自然解凍した。凍結・解凍処理では、貯蔵後100日の種子を用い、5/-20℃（7/17時間）の変温条件で30日間処理をおこなった。穿孔処理では、貯蔵90日目の種子を供試し、アルコール消毒した柄付き針で種皮が貫通する深さまで穿孔した。乾熱処理では貯蔵125日目の種子を用いた。通風乾燥機を用いて、60℃、80℃、100℃、120℃、140℃の温度区を設定し、さらに各温度毎に30分または60分の処理時間を設定した。種子をステンレス製のトレイに乗せて、それぞれの温度と時間に曝して乾熱処理とした。沸騰水浸漬処理では、貯蔵後107日目の種

子を用い、100℃の沸騰水中へ0.5分、1分、3分、5分、10分間浸漬した。

また、物理的休眠の打破方法のひとつとして、濃硫酸への浸漬処理が知られている^{7,8,10)}。「2001年長沼種子」の貯蔵90日後、「2002年長沼種子」の貯蔵4日後と90日後の種子、そして「2002年斜里種子」の貯蔵20日後の種子を、濃硫酸に0分から120分浸漬した後、流水で3分間水洗し（以下、濃硫酸処理）30/20℃で発芽実験を行った。

2.5 電子顕微鏡による種子表面の観察

凍結処理、凍結・解凍処理を施した種子と、「2002年長沼種子」貯蔵90日後の種子のうち、0分、40分、120分の濃硫酸処理を施した種子の表面を、イオンスプッター（日立E101）で250 nmのAu-Pd蒸着を施し、走査型電子顕微鏡（日本電子JSM-5310LV）で観察した。

2.6 休眠が解除された種子の発芽に及ぼす温度の影響

「2001年長沼種子」では貯蔵130日後の種子に50分の濃硫酸処理を行い、「2002年長沼種子」では貯蔵58日後、「2002年斜里種子」では貯蔵88日後の種子に40分の濃硫酸処理を行った後、恒温区および変温区で発芽実験を行った。

2.7 埋土深が発芽に及ぼす影響

13か月間貯蔵しておいた「2002年長沼種子」に50分の濃硫酸処理を施して物理的休眠を打破した。透明の円筒容器の底に排水用の穴を開け、その上に濾紙を1枚敷いて、砂（粗砂（直径2.0～0.2 mm）93.7%、細砂（0.2～0.02 mm）6.3%、微砂（0.02～0.002 mm）0.0%）を2cmの厚さになるまで入れた。種子を砂の上に、50粒ずつ等間隔に、種子の上部表面が砂の表面と同じ高さになるまで埋め込んだ。さらに種子の表面から0.5 cm、1 cm、2 cm、4 cm および6 cmの高さになるように砂を入れ埋土区とし、底面給水した。容器は、蛍光灯光を照射した30/20℃の恒温器内に静置し、蓋はしなかった。0.5 cm、1 cm区では2日毎、2 cm、4 cm区では4日毎、6 cm区では6日毎に底面吸水を行った。さらに、13か月間貯蔵の「2002年長沼種子」の無処理種子と濃硫酸50分処理種子を、それぞれ濾紙を4枚敷いた直径9cmのガラスシャーレに50粒播種したシャーレ区も設け、濾紙が乾燥しない程度に適宜滅菌水を補給した。埋土区、シャーレ区とも4反復とし、埋土区では幼芽が砂の表面に現れた時点、シャーレ区では幼根が出現した時点で発芽として記録した。

3. 結果

3.1 無処理種子の発芽に及ぼす温度の影響

無処理種子の発芽への温度の影響は、採取年度、採取場所、貯蔵後日数、によってかなりの差が認められた（図・1）。「2001年長沼種子」を用いた実験では、全ての温度区で10%以下の発芽率となった。一方、「2002年長沼種子」、「2002年斜里種子」では、発芽温度が高くなるにつれて発芽率が上昇し、変温35/25℃に次いで恒温30℃で高い発芽率を示した。しかし、

図-1 無処理種子の発芽に及ぼす温度の影響 (30/20°Cで播種後,40 日目の結果)

Fig. 1 Effects of temperatures on the germination of non-treated seeds collected in various places and years (40 days after sowing at 30/20°C)

図-2 いくつかの処理が発芽に及ぼす影響 (30/20°Cで播種後,30 日目の結果)

Fig. 2 Effects of several kind of treatment on the germination (30 days after sowing at 30/20°C)

最高でも約 50%の発芽率にとどまり, 35°Cでは発芽率が低下した。比較的発芽率の高かった 30°C, 35°C, 30/20°C, 35/25°Cでは, 「2002 年長沼種子」貯蔵 88 日の種子は, 貯蔵 2 日の種子に比べて, 発芽率が有意に低下した (アークサイン変化の後に t 検定, $p < 0.05$)。いずれの実験においても, 発芽しなかった種子は, 未発芽未吸水種子が多かったが, 「2002 年斜里種子」では腐敗種子が多く観察された。

3.2 様々な処理が発芽に及ぼす影響

無処理種子の発芽率は 9%であり, 84%が未発芽未吸水種子であった (図-2)。低温湿潤処理 30 日あるいは 60 日処理は無処理種子に何の影響も及ぼさなかった。凍結および凍結・解凍処理での発芽率はいずれも 13%で, 無処理の種子に比べてわずかに高くなり, 両処理ともに 79%, 77%の種子は

図-3 乾熱処理が発芽に及ぼす影響 (30/20°Cで播種後,30 日目の結果)

Fig. 3 Effects of dry heat treatment on the germination (30 days after sowing at 30/20°C)

図-4 沸騰水浸漬処理が発芽に及ぼす影響 (30/20°Cで播種後,30 日目の結果)

Fig. 4 Effects of boiling water on the germination (30 days after sowing at 30/20°C)

未発芽吸水種子であった。穿孔処理によって発芽は 89%にまで促進された。乾熱処理を行っても発芽は促進されず, 90%

図-5 濃硫酸への浸漬時間が発芽に及ぼす温度の影響 (30/20℃で播種後, 30 日目の結果)

Fig. 5 Effects of soaking time in sulfuric acid on the germination of non-treated seeds collected in various places and years (30 days after sowing at 30/20℃)

写真-1 センダイハギ種子表面の電子顕微鏡観察

Photo-1 Scanning electron micrographs of surfaces of *Thermopsis lupinoides* seeds.

1-a: Non-treated; 1-b: Magnification of non-treated; 2-a: Soaked with sulfuric acid for 40 min; 2-b: Magnification of soaked with sulfuric acid for 40 min; 3-a: Soaked with sulfuric acid for 120 min; 3-b: Magnification of Soaked with sulfuric acid for 120 min; 4-a: Frozen; 4-b: Magnification of frozen

以上が未発芽未吸水種子として残った (図-3)。沸騰水浸漬処理を行った種子は吸水可能となったが、発芽した種子はなく、腐敗種子が多くなって、0.5 分で 50%, 1 分以上の処理では 80%以上が腐敗した (図-4)。

また、濃硫酸処理によって発芽率は著しく向上し、4 つの実験を通じて 40-50 分の処理で高い発芽率を得ることができた (図-5)。しかし、濃硫酸の効果は実験毎にいくらか異なった。「2002 年長沼種子」の貯蔵後 4 日の種子は、濃硫酸の効果は強く現れ 5 分の処理でも 90%が発芽した。また、「2002 年斜里種子」では腐敗種子が多く認められた。

3.3 電子顕微鏡による種子表面の観察

ほとんどが未吸水種子であった無処理種子では種子表面に傷や孔は観察されなかったが (写真-1, 1-a, 1-b)、ほぼ全ての種子が吸水して最も安定して高い発芽率を示した 40 分浸漬処理では種皮に穴や亀裂が生じた (写真-1, 2-a, 2-b)。腐敗種子が増加した 120 分処理では種子の内部まで損傷して

いるものがあつた (写真-1, 3-a, 3-b)。凍結処理 (写真-1, 4-a, 4-b) および凍結・解凍処理 (写真未掲載) では、種子表面に多くの微細な孔が生じた。

3.4 休眠が解除された種子の発芽に及ぼす温度の影響

採取年、採取場所によって休眠が打破された種子の温度に対する反応は、わずかに異なったが、いずれの実験でも、35/25℃, 30/20℃, 30℃付近で発芽が促進された (図-6)。それよりも高い恒温 35℃や、低い 20℃以下の温度では発芽率が低下し、その多くは未発芽吸水種子であつた。また、播種後 10 日目の変温区での発芽率は、その変温区の平均温度と同じ恒温区での発芽率よりも有意に高かった (アークサイン変化の後に t 検定, $p < 0.05$)。「2002 年斜里種子」で発芽率が低かったのは腐敗した種子が多かったためである。

3.5 埋土深が発芽に及ぼす影響

13 か月間貯蔵しておいた種子を用いても、シャーレに播種した無処理の種子は 1%以下の発芽率で、ほとんどの種子は

図-6 休眠が解除された種子の発芽に及ぼす温度の影響 (30/20°Cで播種)

Fig. 6 Effects of temperature on the germination of non-dormant seeds (sowing at 30/20°C)

図-7 埋土深が発芽に及ぼす影響 (30/20°Cで播種)
垂直線は標準偏差を示す。

Fig. 7 Effects of burial depth on the germination
(sowing at 30/20°C) Vertical bars show SD.

未発芽未吸水種子であり、一方、シャーレに播種した濃硫酸処理種子は、速やかに発芽して8日目には88%の高い発芽率を示した(図-7)。埋土区では深くなるにしたがって、発芽速度は遅くなり、発芽率も低下し、埋土深1 cmで62%, 2 cmで40%となった。また、4 cm以上の埋土深では発芽が認められず、実験終了時に砂中を調査しても発芽しなかった種子は確認できず、砂中で腐敗して分解してしまったものと思われる。

4. 考察

4.1 物理的休眠とその打破方法

センダイハギは、マメ科やヒルガオ科に多く見られる物理的休眠を持つ種子、いわゆる硬実種子であることが示された。物理的休眠打破のために過去に報告された様々な処理^{1,4,6,7,8,10,11,15,16,17)}を試みたが、直接種皮に穴を開けて種皮を透水可能にする穿孔処理および濃硫酸処理以外は、顕著な発芽促進効果は認められなかった。

濃硫酸処理の効果は採取年や貯蔵後日数、採取場所によって異なった。同じ長沼で採取した種子でも、「2002年長沼種子」の方が「2001年長沼種子」よりも濃硫酸の効果が大きく物理的休眠の程度が弱かった。「2002年長沼種子」では、採取日の数日前に降雨があったため、採取日の植物体が湿って

いたことと、種子中の含水率が少なくなると物理的休眠の程度が増すという報告^{2,3,12)}から考えて、「2002年長沼種子」は「2001年長沼種子」よりも種子の含水率が高く、そのために物理的休眠の程度が弱かった可能性が考えられる。一方、同じ「2002年長沼種子」でも貯蔵後の日数が長い種子の方で物理的休眠の程度が強くなった。これも物理的休眠を持つオクラについて、貯蔵期間が長くなるにつれて種子内の含水率が減少し、物理的休眠の程度が強くなることが報告されていることから²⁾、センダイハギでも貯蔵によって含水率が減少し、物理的休眠の程度が強まったと推測される。「2002年斜里種子」では、「2002年長沼種子」、「2001年長沼種子」に比べて腐敗種子の割合が多かった。方法でも述べたように「2002年斜里種子」の種子は、損傷した種子が多かったことが原因と考えられる。

全体として、40-50分間の濃硫酸処理で種皮表面に孔や亀裂が生じて吸水可能となりセンダイハギの物理的休眠は打破できると言える。

4.2 物理的休眠打破後の発芽適温と発芽可能な埋土深から考えられる発芽生態および地域への導入のための示唆

濃硫酸によって物理的休眠が打破された後の種子は、変温により、ある程度の発芽促進効果が認められ、その発芽適温は30°C付近と高く、35°Cと20°C以下では発芽率は大きく低下した。発芽しなかった種子の多くは未発芽未吸水種子であったことから、これらの温度では種子は吸水できても温度が不適切なために発芽しなかったと考えられる。過去の報告から、物理的休眠を有する種子の休眠打破後の発芽適温は、ミヤコグサ (*Lotus corniculatus* var. *japonicus* Regel) で10-25°C⁶⁾、ハマエンドウ (*Lathyrus japonicus* Willd.) で10-20°C⁷⁾、ハマヒルガオ (*Calystegia soldanella* Roem. et Schult.) で15-30°C⁹⁾、ムラサキモメンヅル (*Astragalus adsurgens* Pall) で15-25°C¹⁰⁾であった。これらの種と同様か北方に分布するセンダイハギの発芽適温がこれらの種の発芽適温よりも高いことは興味を引かれる。センダイハギを含む物理的休眠を持つ種子は、バクテリア、糸状菌、土壌中の酸¹¹⁾によって種皮が腐敗し、あるいは踏みつけや造成などの人為的攪乱、地すべりや崩落などの自然的な土壌の攪乱などによって種皮

が傷付けられることで物理的休眠が打破されるのであろう。また、凍結および凍結・解凍処理では、種皮に多くの微細な孔が生じ、発芽には至らなかったもののほとんどの種子が膨潤して吸水したことが確認された。このことは、冬季または早春の自然条件下での凍結や凍結・解凍などの作用が、物理的休眠を打破する要因となり得る可能性を示唆している。

そして物理的休眠が破れたセンダイハギの種子は、自生地である本州中部以北の野外では、晩春から夏にかけて速やかに高い発芽率を示すと推測される。

物理的休眠を打破されたセンダイハギ種子は、0.5-2 cm の埋土深でも発芽が抑制され、4 cm 以上では全く発芽しなかった。このことは土中で埋土種子を形成している種子のうち、地表付近で物理的休眠が破れた種子のみが発芽可能となることを示唆している。例えば、造成や地すべり、崩落などの土壌の攪乱によって、傷付けられると同時に地表付近へ移動させられた種子のみが発芽可能となり、4 cm 以上の深さに埋もれた種子は発芽することなく腐敗してしまうと思われる。

また、本研究の結果から、人為的に苗を育成する際の示唆も得ることができる。すなわち、採取後、シリカゲルを入れた密閉容器に4℃で種子を貯蔵しておき、春から夏に40-50分の濃硫酸処理を施した後、埋土深0.5-1cm程度で播種すれば速やかな発芽が得られると考えられる。ただし浅い埋土深の場合には適切な灌水管理が必要である。播種によって直接的に野外に群落を定着させようとする場合には、0.5-1 cm の埋土深では、降雨による土壌の流亡や乾燥によって良好な発芽が得られない可能性が高いと思われる。土壌の流亡等を考慮に入れると、より厚い覆土が好ましいかも知れない。現場での実際的な実験が必要と思われる。本報告では、種子繁殖の面からセンダイハギの育成や定着に関する示唆を示したが、本種は地下茎でも旺盛に増殖することを確認している。地下茎繁殖も考慮に入れた導入・定着を計画することが現実的であろう。

種子の入手に際しては、磯野満里子氏、小坂康氏、入山義男氏に多大なるご協力を頂いた。ここに感謝申し上げる。

引用文献

- 1) Auld, D. T. (1986) Population dynamics of the shrub *Acacia suaveolens* (Sm.) Willd.: Fire and the transition to seedling, *Australian Journal of Ecology* 11 : 373-385.
- 2) Demir, I. (1997) Occurrence of hardseededness in relation to seed development in Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), *Plant Varieties & Seeds* 10(1) : 7-13.
- 3) Demir, I. (2001) The effects of heat treatment on hardseededness of serially harvested okra seed lots at optimum and low temperatures, *Scientia Horticulturae* 89 : 1-7.
- 4) Hermansen, L. A., Duryea, M. L., West, S. H., White, T. L. and Malavasi, M. M. (2000) Pretreatments to overcome seed coat dormancy in *Dimorphandra mollis*, *Seed Science & Technology* 28(3) : 581-595.
- 5) 北村四郎・村田源 (1961) 日本原色植物図鑑草本編 [II] 離花類, 保育社, 390pp.
- 6) 近藤哲也・高橋理喜男 (1988) アメニティ植生の構成素材として期待される数種の野生草花の種子発芽について, *造園雑誌* (51)5 : 108-113.
- 7) 近藤哲也・山口真有美 (1999) 海浜植物の保全と景観への利用を目的としたハマエンドウの種子発芽特性, *ランドスケープ研究* 62(5) : 507-510.
- 8) 近藤哲也・高橋朋身・下村孝 (2000) ハマヒルガオ (*Calystegia soldanella* (L.) Roem. et Schult.) 種子の硬実休眠と濃硫酸などによる休眠打破処理の効果, *日本緑化工学会誌* 26(1), 28-35.
- 9) 近藤哲也・高橋朋身・下村孝 (2001) 硬実休眠が解除されたハマヒルガオ種子の発芽に及ぼす、温度、光、埋土、そして貯蔵の影響, *日本緑化工学会誌* 26(4), 320-326.
- 10) Kondo, T. and Takeuchi, S. (2004) Breaking seed dormancy and growth after germination of *Astragalus adsurgens* (Leguminosae), a rare species in Hokkaido, *Journal of the Japanese Society of Revegetation Technology*, 29(4), 495-502
- 11) Mackay, A.C., McGill, C.R., Fountain, D.W. and Southward, R.C. (2002) Seed dormancy and germination of a panel of New Zealand plants suitable for re-vegetation, *New Zealand Journal of Botany* 40(3) : 373-382.
- 12) 中村俊一郎 (1958) 種子の硬実に関する研究, *農業及園芸* 33 : 12.
- 13) 中村俊一郎 (1985) 農林種子学総論, 養賢堂, 94-103.
- 14) 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫 (1982) 日本の野生植物草本 II 離弁花類, 平凡社, 318pp.
- 15) Shibata, T. and Hatakeyama, Y. (1995) Breaking of Dormancy in the Seeds of *Astragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae), *Journal of Plant Physiology* 146 : 366-368.
- 16) Shibata, T., Sakai, E. and Shimomura, K. (1995) Effect of rapid freezing and thawing on hard-seed breaking in *Astragalus mongholicus* Bunge (Leguminosae), *Journal of Plant Physiology* 147(1) : 127-131.
- 17) Teketay, D. (1998) Germination of *Acacia origina*, *A. pilispina* and *Pterolobium stellatum* in response to different pre-sowing seed treatments, temperature and light, *Journal of Arid Environments* 38(4) : 551-560.
- 18) Zhao, B. G., Grant, G. G., Langevin, D. and Macdonald, L. (1998) Detering and inhibiting effects of Quinolizidine alkaloids on spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) oviposition, *Environmental Entomology* 27(4) : 984-992.

(2004.6.19 受理)