

雑木林の再生法と実生生理—コナラ種子の貯蔵可能期間—

斎藤香菜*・橋本良二**

Regeneration practices for coppice forests as related to
physiological aspects of seedlings
—Storage time of *Quercus serrata* seeds—

Kana SAITO* and Ryoji HASHIMOTO**

1. はじめに

荒廃した雑木林を再生しようとする地域活動は、各地で盛んにおこなわれている（加藤，1996；阿部・橋本，2000；片岡ら，2003；森戸ら，2003；中川，2004）。雑木林の主林木は、冷温帯ではほとんどがコナラ（*Quercus serrata* Thunb.）であり，種子（通称ドングリ）を播いたり，コナラの苗木を植えたりする試みが広くなされている（井本，2005）。現地に種子を播き実生を育成する森林更新法は造林学上播種造林と呼ばれ，苗畑を必要とせず育苗作業の手間も要らないのでメリットが大きい（柏木ら，2003）。しかし，実生の定着を確実にするうえで，種子や実生の生理について検討しておくべき事項が少なくない（Kozłowski et al., 1991；阿部・橋本，2005；橋本・齋藤，2006；阿部・橋本，2008）。

ナラ類の種子は，水分を多く含み，乾燥により発芽力を失いやすく，寿命が短いことなどから，リカルシトラント（recalcitrant）種子と呼ばれ，他の種子と区別されている（Roberts，1973；Özbingöl and O'reilly，2005）。このため，コナラ種子の取扱いについては，昔から“取り播き”が強く推奨されている（坂口，1985）。しかし，多くの樹木がそうであるように，コナラも結実の豊凶が明瞭で，2年続けて並作以下あるいは凶作になるケースもよく起こる（甲斐，1987；吉田，1998）。岩手大学農学部附属滝澤演習林でも，2005年と2006年は2年連続の大凶作を記録した。こうしたことから，コナラ種子の貯蔵について検討しておく必要がある。

Received January 11, 2008

Accepted February 13, 2008

* 岩手大学大学院農学研究科修士課程

** 岩手大学環境科学系

秋に採取したコナラ種子を低温貯蔵し、翌春に播くことはよくおこなわれているが、さらに低温貯蔵を続けた場合、種子の性質がどのように変化するかについてはよくわかっていない。そこで、本研究では、コナラ種子を採取して低温貯蔵し、翌春以降さらに低温貯蔵を続けた場合、種子の発芽に関する諸性質、また芽生えの発達過程や成長量にどのような影響が出るかについて調べた。コナラ種子の長期貯蔵の可能性や長期貯蔵種子から生じる芽生えの成長特性について若干の考察をおこなった。

コナラ属では、植物形態学上、堅果（殻斗果）から総苞（殻斗）と果皮を除いたものが種子であるが、本研究では種子を包む果皮を含めたものを“種子”と呼んでいる。

II. 材料と方法

1. 材料

試験には、2005年10月10日前後に長野県佐久地方のコナラを主体とする落葉広葉樹二次林で採取したコナラ種子を用いた。種子採取後は、乾燥を避けるために内側をビニール被覆した厚手の紙袋に入れ、冷蔵庫に貯蔵した。採取地から岩手大学農学部への送付は翌年の2月下旬で、大学では2～4℃に調整された実験用冷蔵庫に貯蔵した。

種子出芽試験は、播種時期を変えて3回おこなった（試験Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ）。播種日は試験Ⅰで2006年4月23日、試験Ⅱで同年5月14日、試験Ⅲで同年8月4日であった。採取地での貯蔵開始日を10月10日とすると、供試種子の低温貯蔵期間は試験Ⅰ，Ⅱ，Ⅲでそれぞれ195日、216日、298日になる。

2. 出芽試験

1) 試験条件

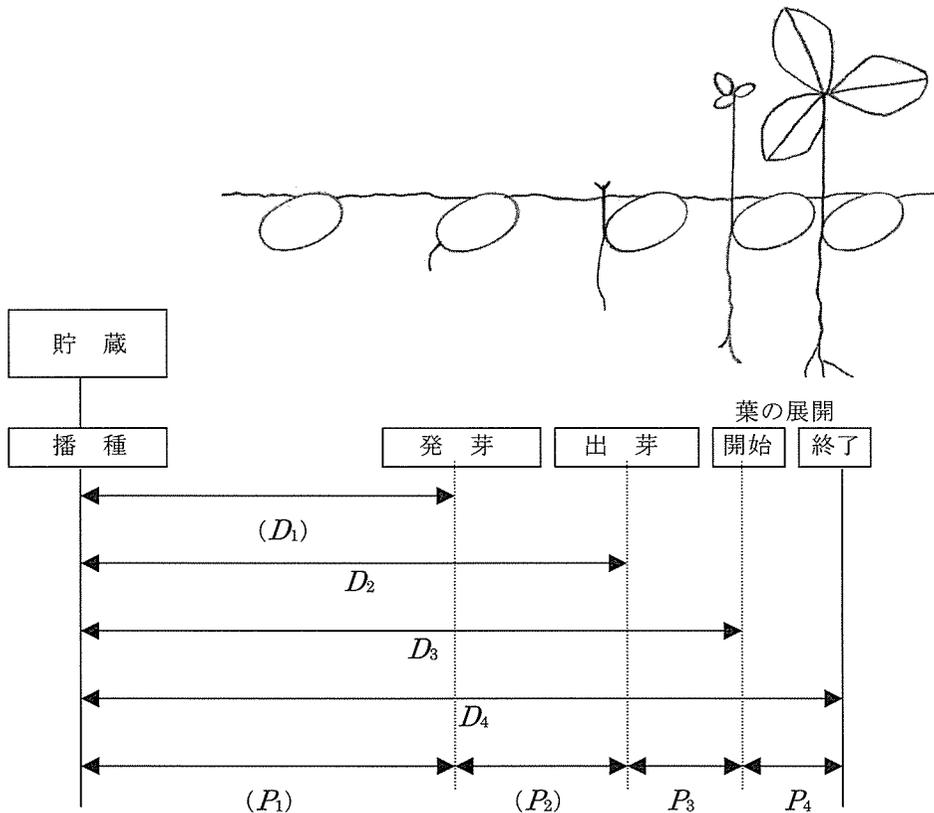
種子は、冷蔵庫から取り出し十分精選した後、それぞれの重量を測定し、市販の園芸用プラスチック製角形プランター（420×200×180（深さ）mm）に埋め込んだ。プランターの培地として市販の園芸用鹿沼土を用い、約1cmの深さに種子を埋め込んだ。供試種子数は試験Ⅰ，Ⅱ，Ⅲでそれぞれ100，50，80粒であり、1プランターあたり40あるいは50粒の種子を4～5cm間隔で格子状に埋め込んだ。プランターは、温度制御可能な実験室に設置した植物育成用ラック（Plant Master, (株) BMS, 東京）の棚に置き、近赤外蛍光ランプ（バイオルックス A, 40W, NEC）を光源とする人工光を1日14時間照射した（図-1）。培地表面の光強度（光合成有効光量子束密度）は、60～70 $\mu\text{mol q. m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。試験期間中の実験室の平均温度、平均相対湿度は、それぞれ $21 \pm 1.5^\circ\text{C}$ 、 $54 \pm 7\%$ であった。

2) 芽生えの発達経過

播種後は、培地表面が適度に湿った状態に保たれるよう、1～数日おきにこまめに給水をおこなった。2～3日おきに観察をおこない（図-2）、種子上胚軸が地表に出た日（出芽日）、上



図一 植物育成用ラックを用いての出芽試験
外形寸法は1460×600×2000 (mm), 棚は4段。



図一 芽生えの発達経過の観察

D_1 , D_2 , D_3 , D_4 はそれぞれ発芽日, 出芽日, 展葉開始日(上胚軸伸長終了日), 展葉終了日, 播種日からの起算日数。 P_1 , P_2 , P_3 , P_4 はそれぞれ播種から発芽までの期間, 発芽から出芽までの期間, 上胚軸伸長期間, 展葉期間。本試験では発芽日の調査はおこなわなかった。

胚軸先端部の芽が開き葉の長さが5~10mmほどに達した日(展葉開始日)を記録した。出芽後は上胚軸について地際からの伸長成長を記録した。展葉開始後はそれぞれの芽生えで1枚の葉を選び葉長成長を記録し、成長が止まった日(展葉終了日)を決定した。出芽日、展葉開始日、展葉終了日は、播種日から起算した日数(D_2 , D_3 , D_4)で表した。また、出芽日から展葉開始日、展葉開始日から終了日までの期間を、それぞれ P_3 , P_4 で表わした。展葉開始は上胚軸の伸長停止とほぼ同時であったことから、 P_3 を上胚軸伸長期間、 P_4 を展葉期間と呼んだ。芽生えは、展葉終了日に地上部主軸を地際で切断した。各プランターですべての芽生えが展葉終了した後、芽生えの地下部を掘り出した。芽生えは、器官ごとに切り分け、恒温乾燥機で80℃で24時間乾燥し重量を測定した。

3) 不出芽種子および出芽種子の分類

出芽しなかった種子については、培地から掘り出し、種子内容物の状態および発芽(発根)状況を観察し、死亡し腐敗が進んだ種子(「腐敗」)、腐敗していないが死亡していると見られる種子(「死亡」)、休眠していると見られる種子(「休眠」)、発芽はしたが上胚軸が休眠していると見られる種子(「発芽」)に分けた。なお、出芽した種子については、上胚軸は伸長したが展葉しなかった種子(「伸長」)、出芽し展葉した種子(「展葉」)に分類した。

4) 統計解析

出芽種子、不出芽種子の分類比率については、試験間で分割表(2×2)により χ^2 検定をおこなった。芽生えの発達経過と成長量については、試験間で一元配置分散分析とFisherの最小有意差法による多重検定をおこなった(統計解析アドインソフト、(株)社会情報サービス、東京)。

III. 結果

1. 出芽

試験I, II, IIIにおける供試種子の出芽状況を表-1に示す。出芽し展葉した種子(「展葉」)の供試種子に対する比率(一般に出芽率と呼ぶ)は、試験Iとの比較において試験IIではちがいはなかったが(χ^2 検定, $p > 0.05$)、試験IIIでは低かった($p < 0.01$)。発芽力を失った種子(「腐敗」と「死亡」を足し合わせたもので死亡種子を意味する)の供試種子に対する比率は、試験Iとの比較において試験IIで高く($p < 0.05$)、試験IIIでも高かった($p < 0.01$)。種子や芽生えに休眠作用が働いているとみられる種子(「休眠」, 「発芽」と「伸長」を足し合わせたもの)の供試種子に対する比率は、試験Iとの比較において試験II, IIIともにちがいは認められなかった。

表一．試験 I, II, IIIにおける供試種子と不出芽および出芽種子の分類

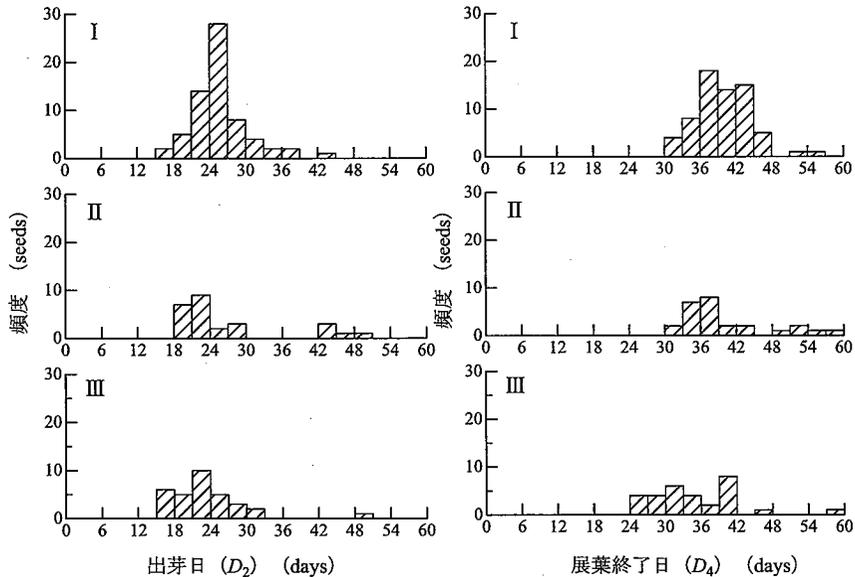
試験	播種日	供試種子		不出芽種子				出芽種子	
		種子数 (seeds)	種子重 (g)	腐敗 (seeds)	死亡 (seeds)	休眠 (seeds)	発芽 (seeds)	伸長 (seeds)	展葉 (seeds)
I	Apl 23	100(100.0)	1.93±0.29	20(20.0)	4(4.0)	6(6.0)	2(2.0)	0(0.0)	68(68.0)
II	May 14	50(100.0)	1.83±0.37	17(34.0)	4(8.0)	1(2.0)	2(4.0)	0(0.0)	26(52.0)
III	Aug 4	80(100.0)	1.78±0.32	28(35.0)	7(8.7)	3(3.8)	10(12.5)	2(2.5)	30(37.5)

種子重の数字は平均値と標準偏差。
括弧内数字は百分率。

表二．試験 I, II, IIIにおける出芽および芽生えの発達経過

試験	播種日	出芽		芽生えの発達経過			
		種子数 (seeds)	種子重 (g)	出芽日 (D_2)	伸長期間 (P_3)	展葉期間 (P_4)	展葉終了日 (D_4)
I	Apl 23	68	1.99±0.27	26.2 ^a ±4.5	8.5 ^a ±2.4	5.6 ^a ±1.7	40.2 ^a ±4.9
II	May 14	26	1.87±0.35	27.3 ^a ±9.2	7.5 ^a ±2.2	5.8 ^a ±1.4	40.6 ^a ±7.2
III	Aug 4	32	1.94±0.30	23.7 ^b ±6.9	6.4 ^b ±2.3	5.4 ^a ±1.1	35.4 ^b ±7.1

種子重および芽生えの発達経過のデータは平均値と標準偏差。
異なるアルファベットは有意差を表わす (Fisherの最小有意差法, $p < 0.05$)。



図一三．試験 I, II, IIIにおける出芽日および展葉終了日別の頻度分布
出芽日と展葉終了日は播種日からの日数で表わした。

表-3. 試験 I, II, IIIにおける芽生えの器官成長量

試験	芽生え (seedlings)	成長量				
		葉 (g)	地上軸 (g)	地上部 (g)	地下部 (根) (g)	全体 (g)
I	68	0.104 ^a ± 0.043	0.023 ^a ± 0.009	0.127 ^a ± 0.051	0.294 ^b ± 0.098	0.422 ^a ± 0.124
II	26	0.102 ^a ± 0.038	0.020 ^a ± 0.007	0.122 ^a ± 0.043	0.246 ^a ± 0.093	0.368 ^a ± 0.125
III	30	0.126 ^b ± 0.057	0.024 ^a ± 0.010	0.159 ^b ± 0.056	0.228 ^a ± 0.075	0.387 ^a ± 0.121

成長量のデータは平均値と標準偏差。

異なるアルファベットは有意差を表わす (Fisherの最小有意差法, $p < 0.05$)。

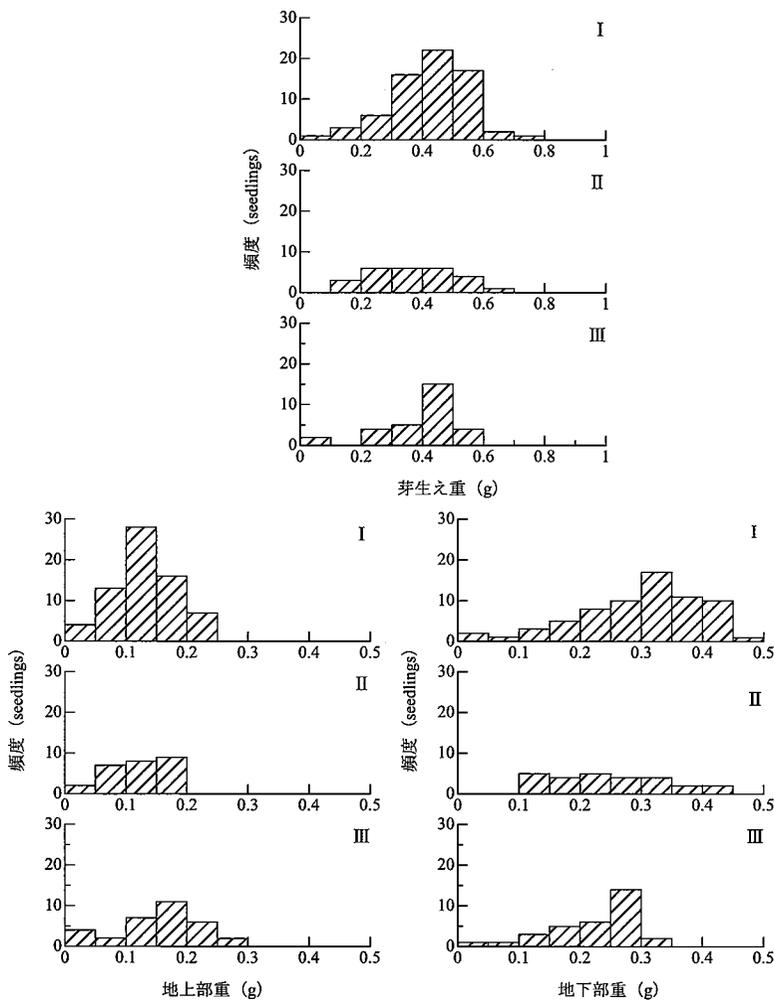


図-4. 試験 I, II, IIIにおける芽生え (全体) と芽生えの地上部および地下部の重量別の頻度分布

2. 芽生えの発達経過

試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの出芽種子および芽生えの発達経過についてまとめたのが、表-2である。図-3は、出芽日および展葉終了日別の頻度分布である。出芽日は試験間で異なり（ANOVA, $p < 0.05$ ）、展葉終了日も試験間で異なっていた（ANOVA, $p < 0.01$ ）。出芽日は試験ⅠとⅡでちがいはなかったが、試験ⅡとⅢではⅢで早かった（Fisherの最小有意差法, $p < 0.05$ ）。展葉終了日は、試験Ⅰ、Ⅱに比べ試験Ⅲで早かった（ $p < 0.01$ ）。

上胚軸伸長期間は試験間で異なり（ANOVA, $p < 0.01$ ）、試験Ⅰに比べ試験Ⅲで短かった（Fisherの最小有意差法, $p < 0.01$ ）。展葉期間については試験間にちがいはなかった。

3. 芽生えの器官成長

試験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲの芽生え（出芽種子分類における「展葉」）の器官成長量を、表-3に示す。図-4は、芽生え全体および地上部と地下部（根）の重量別の頻度分布である。地上軸については試験間でちがいはなかったが、葉、地上部、地下部の重量については試験間でちがいが認められた（ANOVA, $p < 0.05$ ）。葉と地上部の重量は、試験Ⅰ、Ⅱに比べ試験Ⅲで大きかった（Fisherの最小有意差法, $p < 0.05$ ）。一方、地下部の重量は、試験Ⅰに比べ試験Ⅱ、Ⅲで小さかった（ $p < 0.01$ ）。芽生えの重量については、試験間にちがいはなかった。

IV. 考 察

1. 出芽率への影響

結実年の秋に採取したコナラ種子を精選して出芽試験をおこなうと、出芽率は90あるいは95%以上になるのが普通である（橋詰, 1980; 広木・松原, 1982; 坂口, 1985）。翌春まで低温貯蔵した種子では、出芽率は70%前後に落ちるようである（表-1; 阿部・橋本, 2008）。その後の種子貯蔵期間の延長は、出芽率が試験Ⅰに比べ試験Ⅱで低くなる傾向がうかがえ試験Ⅲで低かったことから（表-1）、出芽率の明らかな低下をもたらす。しかし、試験Ⅲにおける出芽率がそれでも40%近くあり、さらに貯蔵期間を延長した場合、同じ程度で低下が進むとすれば、採取翌年の秋でも20~30%の出芽率が期待される。

発芽力を失った種子（「腐敗」+「死亡」）の比率が試験Ⅰとの比較において試験Ⅱ、Ⅲで高かったことから（表-1）、貯蔵期間延長にともなう出芽率の低下は一義的には死亡種子が増えたことによる。しかし、貯蔵期間の延長が種子胚や上胚軸頂芽の休眠を誘導することも大いに考えられることであり（鈴木, 2003）、さらに検討してみる必要があろう。

2. 芽生えの発達への影響

一般に、種子の貯蔵期間が長くなると、発芽日が遅くなり発芽率が低下する（鈴木, 2003）。しかし、コナラ種子では、試験Ⅲで見られるように、貯蔵期間が長くなるにつれ出芽率は下がるが、出芽日はむしろ早くなった（表-2, 図-3）。試験間における出芽日のちがいは、発

芽日のちがいに強く依存していると見られる(阿部・橋本, 2008)。貯蔵期間の長期化が出芽日を早める点については, リカルシトラント種子の特性と見られ, おそらく貯蔵期間に胚成長が進行しているのではないかと推測される(Pammenter et al, 1994)。

貯蔵期間の長期化が芽生えの個体成長量に与える影響は, 明らかではなかった(表-3, 図-4)。しかし, 芽生えの葉と根の成長量に与える影響は明らかで, 試験Ⅲでは葉の成長量が増大したのに対し, 根の成長量は減少した。試験Ⅲの芽生えでは葉の成長量の増大は個体の光合成生産に有利のように見えるが, 根系の発達が相対的に悪いので, フィールドでは水分や養分の不足に陥りやすいと見られる。

コナラ種子については, 結実後1年間は貯蔵できるようである。しかし, 長期貯蔵種子は高いT/R率の芽生えをもたらすので, 実生の定着にとってマイナス面が懸念される。今後は, 貯蔵期間をより長くとり供試種子数を多くして出芽試験をおこない, 出芽率の低下について詳しく調べるとともに, 長期貯蔵種子の芽生えの環境ストレス耐性についてよく調べてみることにしている。

引用文献

- 阿部信之・橋本良二(2000)母樹保残法更新面における微気象環境および小形掘削機による地床処理がコナラ当年生稚樹のガス交換特性に与える影響. 日本林学会誌 82: 7-14.
- 阿部信之・橋本良二(2005)コナラ果実に対する落葉被覆が実生の発生と成長に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌 30: 632-638.
- 阿部信之・橋本良二(2008)播種時におけるコナラ種子の乾燥が芽生えの発達経過と成長量に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌 33(3) (印刷中)
- 橋本良二・齋藤香菜(2006)雑木林の再生法と実生生理—コナラ果実を埋め込む深さ—. 岩手大学農学部演習林報告 37: 67-72.
- 橋詰隼人(1980)落葉性コナラ属種子の休眠と発芽に関する研究. 広葉樹研究 1: 49-58.
- 広木詔三・松原輝男(1982)ブナ科植物の生態学的研究 Ⅲ. 種子—実生期の比較生態学的研究. 日本生態学会誌 32: 227-240.
- 井本郁子(2005)二次林, 亀山 章・倉本 宣・日置佳之編, 自然再生: 生態工学的アプローチ, ソフトサイエンス社, pp.95-111.
- 甲斐重貴(1987)暖帯性落葉広葉樹林の特性と施業に関する研究(Ⅶ)コナラ林の種子生産. 98回日林論, 87-90.
- 柏木 亨・吉田博宣・勝野武彦(2003)落葉落枝を活用した樹木種子の出芽と実生の成長過程. 日本緑化工学会誌 29: 223-226.
- 片岡博行・嶋 一徹・千葉喬三(2003)広葉樹二次林における慣行的な里山管理作業が林内環

- 境と実生更新に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌 29: 297-300.
- 加藤勝康 (1996) 自治体がおこなう植生管理, 亀山 章編, 雑木林の植生管理, ソフトサイエンス社, pp.248-260.
- Kozłowski, T.T., Kramer, P.J. and Pallardy, S.G. (1991) The physiological ecology of woody plants. 657pp. Academic Press, San Diego.
- 森戸淳平・大澤啓志・勝野武彦 (2003) 里山型公園での市民参加による林床管理が実生木に及ぼす影響. 日本緑化工学会誌 29: 239-242.
- 中川重年 (2004) 森づくりテキストブック, 山と溪谷社, 223pp.
- Özbingöl and O'reilly (2005) Increasing acorn moisture content followed by freezing-storage enhances germination in pedunculate oak. Forestry 78: 73-81.
- Pammenter, N.W., Berjak, P., Farrant, J.M. and Ross, G. (1994) Why do stored hydrated recalcitrant seeds die? Seed Science Research, 4: 187-191.
- Roberts, E.H. (1973) Predicting the storage life of seeds. Seed Science and Technology 1: 499-514.
- 坂口勝美 (1985) 有用広葉樹の知識—育てかたと使いかた—, 林業科学技術振興所, 514pp.
- 鈴木善弘 (2003) 種子生物学, 東北大学出版会, 411pp.
- 吉田ユミ子 (1998) 冷温帯コナラ二次林の種子生産と林床実生群の確立, 岩手大学修士論文, 74pp.