

秋田県における畑雑草種子の埋土条件での休眠・発芽特性

鈴木光喜*

Seed dormancy and germination characteristics of upland weeds under buried condition in Akita Prefecture

Mitsuyoshi Suzuki*

はじめに

雑草防除の基本は土壌中に生存している埋土種子をいかに減少させるかにある。作物栽培のその1作だけを見て防除効果を判断するのではなく、長期的な視点に立ち、結果としてその作付けにおいて雑草種子が増加する方向に進行するのか、それとも減少する方向に進むのかを評価することが肝要である。

一般的に夏雑草の種子は秋季に成熟し、地面に落下した後は一次休眠の状態にあるが、冬季間の低温・湿潤条件に置かれると休眠が覚醒し、環境休眠の状態に入る。そして、春季に気温が上昇し、降雨があれば順次発芽する。地中に深く埋土されたり、気温は高くても乾燥など発芽に不適な条件が続けば二次休眠に移行すると考えられる。以上のように、雑草種子は一次休眠→環境休眠→二次休眠→環境休眠のサイクルをくり返すことが想定されるが、秋田県における畑雑草種子のどの種がこのような特性を持つのかを解明することが必要である。本研究は、埋土雑草種子の休眠・発芽特性、寿命などに着目し、主要畑雑草種子の埋土条件下における休眠・発芽の季節的動態、一次休眠覚醒種子に対する風乾処理による二次休眠の導入、埋土25年目における雑草種子の発芽力とツユクサ種子の休眠周期、水稻作付け条件下に埋土した畑雑草種子の発芽力などについて解明したものである。

畑雑草種子の埋土条件における休眠・発芽特性

これまで、埋土条件における秋田県の主要畑雑草種子の寿命・発芽力について明らかにしてきた(鈴木・鈴木1967; 鈴木・皆川1970; 鈴木・明沢1972a; 鈴木ら1972b; 鈴木1994; 鈴木1999)。その中で、雑草の発生活長は種によって異なり、また同一種でも年次変動のあること

を認めた。本試験は、主要な畑雑草種子について、特に発生活長に大きく関与するとみられた一次休眠の覚醒と二次休眠導入の有無に着目して検討した(鈴木2003)。供試雑草は第1図に示した10科16種、そのうちオランダミミナグサ、ノボロギク、オニノゲシの3種は1999年6月に採種して、同月に埋土したが、その外の13種は1998年夏～秋に採種し、同年12月に埋土した。種子は煮沸処理した土40mlをカプセル状に成形した中に100粒ずつ入れ、ポリネットで包み15cmの深さに埋土した。発芽調査の期間は、オランダミミナグサ、ノボロギク、オニノゲシの3種は埋土した年の1999年8月から埋土1年目の2000年6月まで、それ以外の13種は埋土翌年(以下、埋土1年目)の1999年4月10日から埋土の翌々年(以下、埋土2年目)の12月まで実施した。種子は2か月ごとに掘り上げ、ペトリ皿のろ紙上に置床し、これまでの知見から比較的低温で発芽がすぐれるとみられたエゾノギシギシ、シロザ、ハコベ、オランダミミナグサ、ノボロギク、オニノゲシ、ツユクサの7種は20℃、オオイヌタデ外9種は25℃とし、恒温の12時間周期の明暗交互条件で行った。さらに、圃場に近い条件での発生活相をみるため戸外のポット試験での発芽調査も併せて実施した。

その結果は第1図のとおりである。供試した16種を二次休眠の有無から以下の4つのグループに分類した。

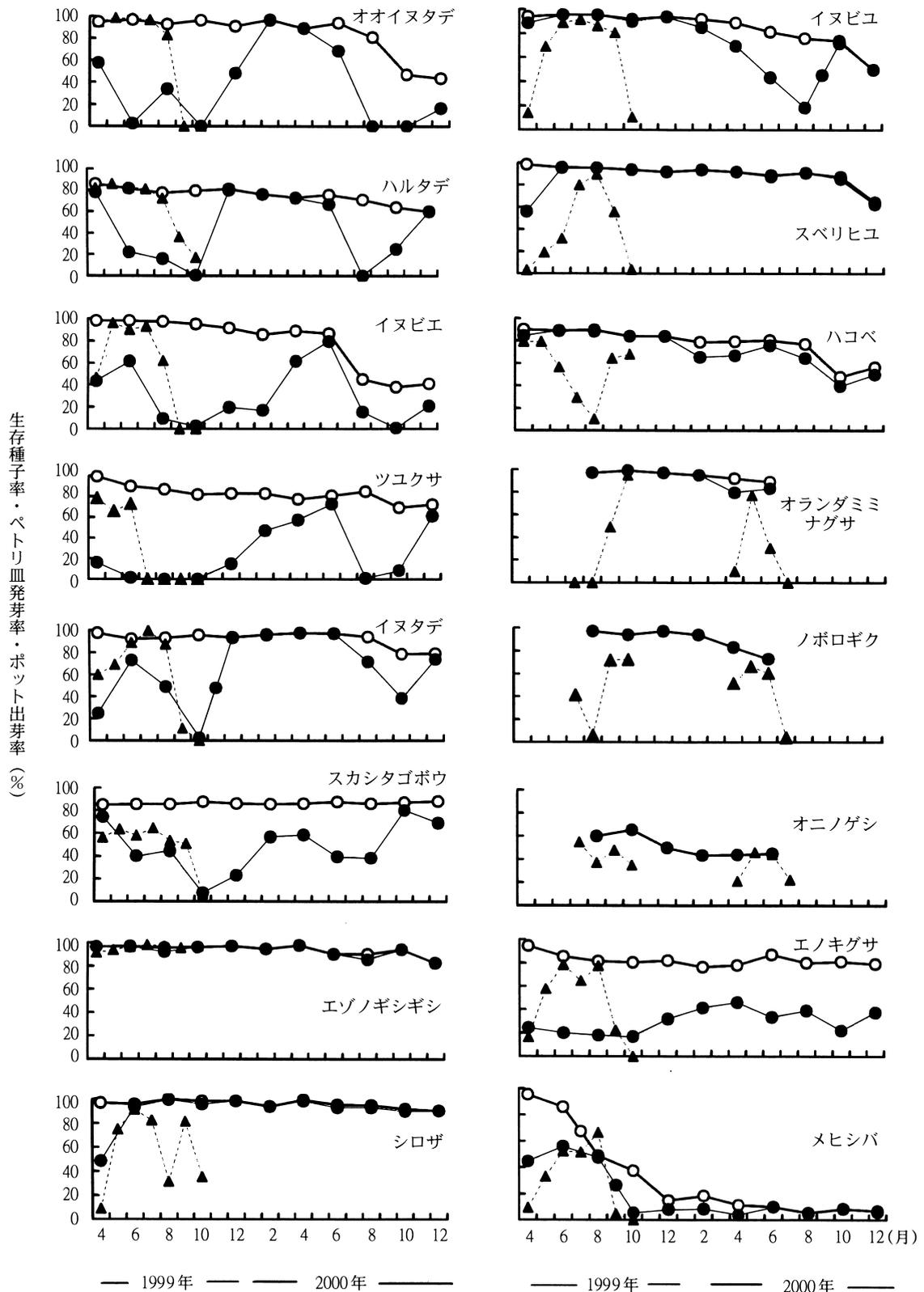
グループ1: 埋土1年目、埋土2年目とも二次休眠が明確なもの; オオイヌタデ、ハルタデ、イヌビエ、ツユクサ。

グループ2: 埋土1年目の二次休眠は明確であるが、埋土2年目は弱いまたはっきりしないもの; イヌタデ、スカシタゴボウ。

グループ3: 二次休眠の認められないもの; エゾノギシギシ、シロザ、イヌビユ、スベリヒユ、ハコベ、オランダミミナグサ、ノボロギク、オニノゲシ。

* 元秋田県農場試験場 〒019-2625 秋田市河辺北野田高屋字雷谷地76-5

Kawabe-Kitanodakoya, Akita 019-2625, Japan



第1図 埋土種子の生存種子率とペトリ皿における発芽率及び戸外のポット条件における出芽率の推移

—○— 生存種子率 —●— ペトリ皿発芽率 - - -▲- - - 戸外ポット出芽率

注) ノボロギク, オニノゲシの生存種子率と発芽率は全期間一致している。生存種子率, ペトリ皿発芽率, ポット出芽率は埋土種子数に対する比率で示した。

グループ4：二次休眠の有無が不明なもの；エノキグサ、メヒシバ。

二次休眠があると考えられたグループ1のオオイヌタデなど4種のうち、渡辺・広川（1975）は北海道でオオイヌタデ、ツユクサに二次休眠のあることを認めている。埋土1年目と埋土2年目の発芽率についてみると、オオイヌタデ、イヌビエ、ツユクサの3種は埋土1年目より、埋土2年目の方が高い傾向を示した。二次休眠に入ったと推測される時期は、埋土1年目、埋土2年目ともツユクサは8月、イヌビエは10月で年次間でほぼ一致していたが、ハルタデ、オオイヌタデは埋土1年目が10月、埋土2年目は8月と若干前進傾向がみられた。なお、オオイヌタデの発芽率が埋土1年目の6月に3%に低下したが、ポット試験での発芽率は6月に98%と高く、休眠しているとは考えられなかった。

グループ2のイヌタデとスカシタゴボウの発芽率は埋土1年目の10月に著しく低下したが、埋土2年目はイヌタデが10月、スカシタゴボウは6～8月に低下し、休眠傾向を示したものの発芽率は40%前後と高く、明確な二次休眠性が認められなかった。

グループ3のエゾノギシギシなど8種は発芽率の変動が小さく、二次休眠の特徴が認められなかった。これら雑草種子の発芽率はシロザ、スベリヒユが埋土1年目の4月に低かったことを除いて、種子の生存率とほぼ連動していた。スベリヒユに二次休眠のないことは野口ら（1973）；高林・中山（1981）も認めているが、シロザについては渡辺・広川（1975）は北海道で、高林・中山（1981）は埼玉県において二次休眠の存在を認めている。この違いは、種子の埋土方法の違いやシロザ種子の種内変異による可能性も考えられる。イヌビユの発芽率は埋土1年目で90%前後と高く、季節の変動がなかったため、二次休眠はないと判断した。しかし、発芽率は埋土2年目の4月以降に低下し、8月には19%になり、その後10月には72%に回復し弱い二次休眠に似た現象が観察された。高林・中山（1981）は、埋土1年目の結果では二次休眠はないとしているが、埋土2年目以降については検討していない。どのような理由によるかは本試験の範囲では不明である。

グループ4のエノキグサの発芽率は埋土1年目の4～10月までは17～25%、12月から埋土2年目の12月までは10月の22%を除くと34～46%で、著しく発芽率の低下した月はみられなかった。このように発芽率の季節の変動幅が小さく、二次休眠の判断はできなかったが、高林・中山（1981）もエノキグサの二次休眠は不明であるとしている。次に、メヒシバは生存種子の減少速度が速く、埋土1年目の12月から埋土2年目の12月までの生存種子率は6～15%と低いため、エノキグサと同様に二次休眠の判断はできなかった。

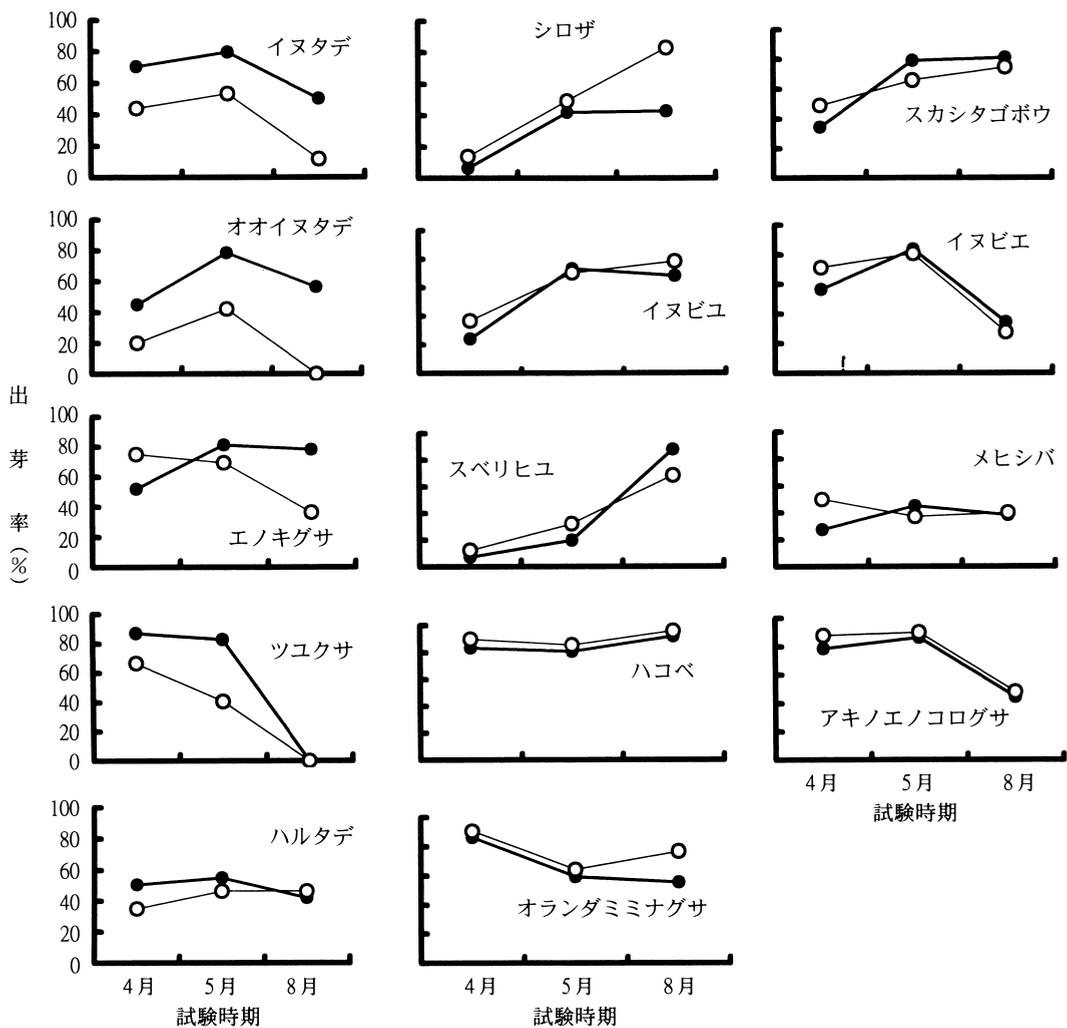
次に、死滅種子の急増期はオオイヌタデが埋土2年目の10月、イヌビエは埋土2年目の8月であった。この急増期は二次休眠の導入期とほぼ一致していた。荒井・宮原（1963）は水田雑草のタイヌビエ種子は畑水分土壌中では休眠覚醒過程において死滅が進行することを認めているが、渡辺・広川（1974）は北海道でヒメイヌビエが土壌融凍期以降急激に死滅することを観察し、休眠覚醒種子が発芽不適条件に遭遇すると死滅が一層促進されるとしている。本試験では休眠覚醒種子が発芽に不適な環境条件におかれると、二次休眠に入る過程で種子の死滅が多発するとみられた。

次に、戸外のポット試験の出芽率とペトリ皿を用いた発芽率を比較したところ、ペトリ皿を用いた場合には、一次休眠の覚醒が極めて悪かったエノキグサ、ツユクサなどは、ポット試験においては発芽率が著しく高まり、ハルタデ、イヌタデ、オオイヌタデ、スカシタゴボウ、イヌビエなどは高い発芽率の期間も長くなった。シロザ、イヌビユ、スベリヒユ、メヒシバの4種は4月にはペトリ皿の発芽率よりポット試験の出芽率が低かった。これは播種時の低温が影響したと考えられた。また、ポット条件における出芽率の急減時期をみるとツユクサは7月以降、ハルタデ、イヌタデ、オオイヌタデ、イヌビエは9月以降であった。二次休眠の認められなかった8種のうち、イヌビユ、スベリヒユを除いたエゾノギシギシ、シロザ、ハコベ、オランダミミナグサ、ノボロギク、オニノゲシの6種は10月の低温期でも出芽率は高かった。一方、二次休眠の認められなかった8種のうちシロザ、オランダミミナグサ、ハコベ、ノボロギク、オニノゲシの出芽率は7月または8月に明らかに低下した。この原因は、高温による出芽阻害と考えられた。以上のことから埋土種子からの発芽消長には埋土1年目の春季の一次休眠覚醒程度、二次休眠導入時期および高温期（7～8月）の出芽阻害程度などが大きく関与しているとみられ、これらを種ごとに解明することによって、畑地における雑草の発芽消長を予測することが可能になると考えられる。

埋土処理により休眠覚醒した畑雑草種子の出芽に及ぼす風乾処理の影響

ツユクサの埋土種子は、休眠覚醒後に風乾条件などの発芽に不適な環境におかれた場合に発芽率が低下することを認めた（鈴木ら1972b）。また、荒井（1961）はスズメノテッポウ、荒井・宮原（1962）はタイヌビエで同様の特性を報告している。本試験は主要な一年生畑雑草種子を埋土し、掘り上げ後の風乾処理が出芽率に及ぼす影響について検討したものである（鈴木2004）。

供試雑草は第2図に示した9科14種で、採種は1999



第2図 埋土種子の掘り上げ後の風乾処理が畑雑草の出芽率に及ぼす影響

● 対照区 ○ 風乾処理区

注) 出芽率は埋土種子数に対する比率で示した。

年6月から10月に行った。種子は煮沸処理した畑土(砂壤土) 30 gをカプセル状に成形し、その中央部に100粒ずつ入れ、ポリネットに包み、1999年12月19日に15cmの深さに埋土した。種子の入ったカプセルの掘り上げ時期は、種ごとに一次休眠の覚醒時期が異なることを想定し、2000年4月20日、5月20日、8月20日の3回行なった。風乾処理区は掘り上げ後雨よけハウス内に15日間吊して乾燥させた風乾種子、対照区は掘り上げ当日の種子をそのまま出芽試験に供した。出芽試験には1/5,000 a下穴付きワグネルポットを用い、ポットは雨よけハウス内にシルバーポリを敷いたプールを作り、その中に設置し、水深を14~7cmに保った。出芽試験は播種後30日間行なった。なお、風乾処理による出芽率抑制の判断はt検定によって行った。

その結果は第2図のとおりである。風乾処理区の出芽

率が対照区に比較して低いのは、イヌタデとオオイヌタデは4月、5月、8月、ツユクサは4月、5月、エノキグサは5月、8月であった。特に、イヌタデ、オオイヌタデ、エノキグサの8月、ツユクサの4月、5月は出芽率が大きく低下し、いずれも危険率1%水準で有意差が認められた。上記の4種は一次休眠の覚醒後は乾燥条件に遭遇することによって出芽抑制を強く受けるものとみられた。

次に、シロザ、ハコベ、オランダミミナグサ、アキノエノコログサは、4月、5月、8月の各掘り上げ時期においては、対照区より風乾処理区の出芽率がわずかに高い傾向にあったが、シロザの8月掘り上げ以外には有意差が認められなかった。イヌビユ、スベリヒユ、スカシタゴボウ、イヌビエは対照区と風乾処理区の間にはほとんど差はなく、最高出芽率の低かったハルタデ、メヒシバ

第1表 埋土ツクサ種子の低温処理後の発芽力

種子区分	供試 種子数 (粒)	発芽粒数(粒)											埋土種子数に 対する発芽率 (%)	不発芽種子数(粒)		
		置床後日数(日)												外観健全	腐敗	
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	計				
外観健全*	54	0	1	18	13	6	5	0	0	0	0	0	43	21.5	2	9
異常粒**	64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64

注) 9月6日掘り上げの発芽検定で発芽しなかった種子を供試。発芽検定期間は12月16～27日。

* 種皮飴色, ** 種皮が黒変または黒斑。

についても有意差はなかったことから、出芽抑制の認められたイヌタデ、オオイヌタデ、エノキグサ、ツクサの4種を除いたイヌビユ、オランダミミナグサなど10種は風乾条件に遭遇しても出芽抑制はほとんどないものと判断された。

畑に蓄積した埋土種子は、耕起・砕土および中耕・培土などの土壌攪拌により地表に移動し、風乾条件に遭遇することは自然界では一般的に起きている現象であり、このことは当年や翌年以降の発芽消長にも大きく影響すると予想され、防除上考慮する必要がある。

25年間地中30cmに埋土した数種畑雑草種子の発芽力

畑雑草種子を埋土し、経過した年数とその発芽力についての研究は、イギリスでは20年間(Lewis 1973)、アメリカにおいて20年間(Goss 1924)および100年間(Kivilaan & Bandurski 1981)の長期間にわたってそれぞれ行われている。わが国における試験期間は4年半～5年半と短い。この期間内の研究でも種による寿命の長短は認められている(高林・中山1978; 渡辺・広川1971; 山本・岩田1986; 山本1987)。雑草種子の寿命は埋土中における地温や土壌水分条件などに影響されるが、埋土期間の長さも重要な検討課題である。しかし、わが国の畑雑草については6年を越える長期間のデータがない。本試験では、環境変化の比較的少ない地中30cmの深さに1966年から25年にわたって埋土した雑草種子の発芽力について調べるとともに、ツクサ種子については二次休眠性の有無も併せて検討した(鈴木1994)。

供試雑草は7科12種、1966年に採種し、同年11月22日に煮沸処理により殺種子した土壌60mlの中央部に各100粒(ツクサ種子は200粒)ずつ入れ、ポリネットに包み、30cmの深さに埋土した。埋土地の畑は裸地状態で管理した。25年目の発芽検定は1991年の埋土後24年5か月目(第1回・4月28日)、24年7か月目(第2回・6月30日)および24年9か月目(第3回・9月6日)に掘り上げ、水中で浮上種子と沈下種子に分け、沈下種子を実態顕微鏡の下で確認しながら分別、回収した。発芽検定はペトリ皿湿潤ろ紙に置床し、25℃の明条件で10～11日間調査した。なお、第3回・9月6日はツクサのみに

ついて実施した。3回目に行ったツクサの未発芽種子は湿潤ろ紙床で3か月間4～6℃の低温処理を行った後、12月16日に20℃、明条件下で再び発芽検定を行った。

その結果、第1回目の発芽検定では水に沈下した種子の得られた種はエゾノギシギシ、シロザ、スベリヒユ、エノキグサ、ツクサの5種であった。イヌタデ、ハコベ、ヒメイヌビエ、メヒシバ、アキメヒシバ、エノコログサ、スズメノカタビラの7種の種子は全て腐っていた。水に沈下した種子の得られた種の埋土種子数に対する発芽率はツクサで14.5%、シロザで3%、スベリヒユで2%、エゾノギシギシとエノキグサは各々1%であった。ツクサ種子には外観上健全とみられるものも含まれていた。

第2回目の発芽検定で、水に沈下した種子の得られた種は第1回目検定の5種と、ヒメイヌビエ種子であった。発芽率はエノキグサ、ヒメイヌビエ0%、エゾノギシギシ、シロザ、スベリヒユは各々2%、ツクサは12%であった。エゾノギシギシは発芽したものの、根の伸長が著しく悪かった。発芽した4種の芽生えをポットに移植したところエゾノギシギシとスベリヒユは活着しなかったが、ツクサは8個体が生育を続け、1～9個の花序を着けて開花・結実した。シロザも草丈が34cm程度に伸長して開花・結実した。

第3回目はツクサ種子についてだけ発芽検定を行ったが、水に沈下した種子数は200粒中119粒であった。そのうち1粒だけが5日目に発芽し、第1回目と2回目の発芽検定結果に比べて著しく低かった。不発芽種子を湿潤ろ紙床上で4～6℃の低温に3か月間貯蔵した後、再び発芽検定した結果(第1表)、種皮に黒斑のあった種子や黒変した種子は全く発芽しなかったが、飴色の種子は54粒のうち43粒、つまり79.6%が発芽した。第3回検定で発芽した1粒と低温処理後の43粒を合わせると埋土種子数の22%が発芽したことになる。供試雑草種子の寿命は本試験の条件で、イヌタデ、ハコベ、ヒメイヌビエ、メヒシバ、アキメヒシバ、エノコログサおよびスズメノカタビラの7種は25年未満、エゾノギシギシ、シロザ、スベリヒユ、エノキグサの4種については25年程度がほぼ限界(埋土深度30cm)とみられるが、ツクサ種子はさらに長いと推測された。本種は埋土25年

第2表 水稲栽培条件に埋土した畑雑草種子の生存期間

生存期間の区分	雑草名	生存率
長	イヌタデ	3年5か月後(水稲3作)40%以上
	オオイヌタデ	
	シロザ	
	スベリヒユ	
	スカシタゴボウ	
	イヌビエ	
	アキノエノコログサ	
中	メヒシバ	3年5か月後(水稲3作)10%前後
短	イヌビユ	2年5か月後(水稲2作)10%以下~3年5か月後0%
	ツユクサ	
極短	ハコベ	1年5か月後(水稲1作)~2年5か月後0%
	ノボロギク	
	オニノゲシ	

目の9月6日(第3回目)に掘り上げた時点ではほとんど二次休眠状態にあったとみられ、休眠の季節的周期性は25年間も繰り返していたことが明らかになった。

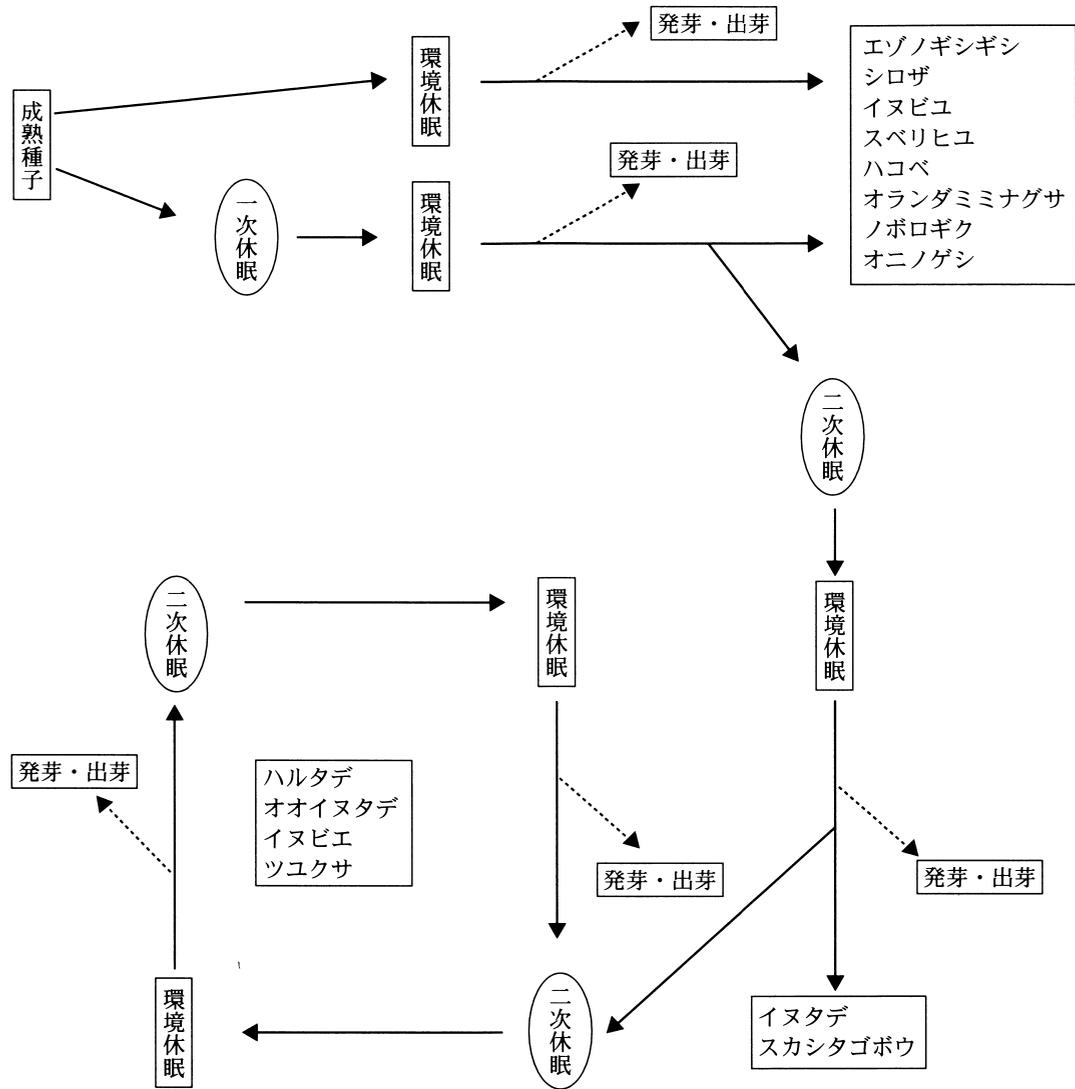
水稲栽培条件下に埋土した畑雑草種子の発芽力

水田の高度利用上重要な作付方式としての田畑輪換においては、雑草の発生量が著しく減少することは早くから認められている(笠原1950, 野口1992, 斉藤1953, 高橋・飯田1955)。田畑輪換の雑草防除効果を解明するためには、水田雑草種子の畑条件における生存期間、および畑雑草種子の水田条件における生存期間を明確にする必要がある。水田雑草種子については小荒井ら(1998)の報告があり、埋土17年後にタイヌビエ、コナギは死滅したが、アゼナ、キカシグサ、タマガヤツリは生存し、これらは22年後でも22.0~25.6%発芽することを認めている。しかし、畑雑草種子の水田における生存期間を明らかにした報告はみあたらない。本試験では、主要畑雑草種子を水稲栽培条件に3年5か月間(水稲3作)埋土し、その発芽力の経年推移を検討した(鈴木1999)。

供試雑草は第2表に示した9科13種で、1993年の夏から秋にかけて採種した。種子は掘り上げ後に種ごとの識別を容易にするため形態が明らかに異なるものを組み合わせ3つのグループに分け、各100粒ずつを混合し、それを煮沸処理して生存種子を殺した水田土壌(13g)の中央部に入れ、ポリネットで包み、1993年11月28日に畑地(深さ30cm)に埋土した。1994年5月23日(6か月目)に掘り上げた種子は、水田土壌を充填した大型ポット(縦37cm, 横51cm, 高さ28cm)に耕起・代掻き後10cmの深さに埋土した。翌年からは耕起・代掻き時に一時掘り上げ、10cmの深さに埋土しなおした。水稲の移植は5月

12日~18日、栽培期間中は湛水し、それ以外は排水した。埋土種子は1995年4月29日(1年5か月後)、1996年5月1日(2年5か月後)、1997年5月3日(3年5か月後)に掘り上げ発芽試験に供した。発芽検定はペトリ皿にろ紙を敷き、明条件とし、1995年は25℃の18日間、1996年と1997年は20℃に11~13日、その後25℃に移し6~7日間実施した。1995年は発芽率だけ調査し、1996年と1997年は発芽検定後の未発芽種子について胚および胚乳をメスで切断し、その色調から生死を判断した。

その結果、1年5か月後(水稲1作)、つまり種子を埋土した1993年11月28日から2年目の春の調査では、イヌタデ、オオイヌタデ、シロザ、イヌビユ、スベリヒユおよびイヌビエの6種は70.5~89.0%の高い発芽率を示した。一方、メヒシバ、アキノエノコログサは4.5~10.5%と低く、ハコベ、ノボロギク、オニノゲシ、ツユクサの4種は全く発芽しなかった。2年5か月後(水稲2作)においてもイヌタデ、オオイヌタデ、スベリヒユ、イヌビエの4種は65.5~94.5%の高い発芽率を示した。シロザ、アキノエノコログサの発芽率は16.5~28.5%であったが、シロザの休眠種子は58.5%と多かった。イヌビユ、ツユクサは0.5~1.0%の発芽率にとどまり、休眠種子の割合も0~6%であった。ハコベ、ノボロギク、オニノゲシは1年5か月後の調査結果と同様に全く発芽せず、さらに休眠種子も0%で生存種子は認められなかった。3年5か月後(水稲3作)において発芽率の高い種はイヌタデ、シロザ、スベリヒユ、スカシタゴボウ、イヌビエの5種で、これらは55.5~79.5%発芽し、次に発芽率の高いオオイヌタデ、メヒシバ、アキノエノコログサは12.0~33.5%発芽した。オオイヌタデの発芽率は低いが、休眠種子は72.5%と極めて多かった。発芽種



第3図 土壤中における埋土種子の休眠・発芽特性の模式図

子と休眠種子の合計値を生存率とし、埋土3年5か月後（水稲3作）にその40%以上のものを「長」、同じく10%前後のものを「中」、2年5か月後（水稲2作）に10%以下～3年5か月後には0%のものを「短」、1年5か月後（水稲1作）～2年5か月後に0%のものを「極短」として区分したものが第2表である。第2表によれば、「長」にはイヌタデ、オオイヌタデ、シロザ、スベリヒユ、スカシタゴボウ、イヌビエおよびアキノエノコログサが、「中」にはメヒシバが、そして「短」にはイヌビユ、ツユクサが、「極短」にはハコベ、ノボロギク、オニノゲシが該当した。

田畑輪換で水稲3年、畑作物1年の4年輪換方式をとった場合は生存期間区分で「中」以上の8種は、畑地に発生するとみられ、畑雑草種子を水田条件で死滅させるには水稲3作では不十分であり、田畑輪換方式ではこのことに十分配慮する必要がある。

秋田県における主要畑雑草の中で、一次休眠→環境休眠→二次休眠⇄環境休眠といった休眠状態と非休眠状態を周期的に繰り返していた種数は供試した雑草の中に6種認められ、同じ夏雑草でも違いがみられた。第3図には14種について、土壤中における休眠・発芽の特性を模式的に示した。二次休眠の認められないエゾノギシギシなど8種は一次休眠の有無がわかれば該当する種の区分が明確になるし、埋土1、2年目とも二次休眠のあった4種のうち、ツユクサ種子は埋土25年目でも12～15%生存し、休眠の周期性が長期間継続していること、また、イヌタデ、スカシタゴボウのように休眠サイクルの年数が短い可能性のある種の存在も認められた。耕土層中の生存種子を早期に枯渇させることは、雑草防除上極めて重要であるが、埋土種子には前歴の異なるものや種特有の寿命、二次休眠性の有無など多様な組成で構成されていることを認識し、耕起時期、耕起法、さらに耕起回数などを考慮して合理的な耕種の防除法を組み

立てることが必要であろう。

謝 辞

本研究のとりまとめにあたり、宇都宮大学野生植物科学研究センター教授一前宣正博士、(財)日本植物調節剤研究協会研究所技術顧問野口勝可博士には終始懇切なご指導を賜った。ここに深甚なる謝意を表します。

引用文献

- 荒井正雄 1961. 水田裏作雑草の生態学的研究 —水田裏作の雑草防除の基礎—。関東東山農試研究報告 19: 1-182.
- 荒井正雄・宮原益次 1962. 水田雑草タイヌビエの生理生態学的研究 第2報 種子の一次休眠について。(2) 土壌中における一次休眠の覚醒。日作紀 31: 73-77.
- 荒井正雄・宮原益次 1963. 水田雑草タイヌビエの生理生態学的研究 第4報 休眠覚醒過程における種子の死滅について。日作紀 31: 190-194.
- 千坂英雄 1965. スズメノテッポウの個生態。雑草研究 4: 20-27.
- Goss, W. L. 1924. The vitality of buried seeds. Jour. Agr. Res. 29: 349-362.
- 笠原安夫 1950. 耕地雑草の発生に関する実験的研究(第1報) 土壌水湿の多少と埋土雑草種子発芽及生育並にその季節的消長に就て。農学研究 39: 17-24.
- 小荒井晃・森田弘彦・李度鎮・伊藤一幸・渡邊寛明・芝山秀次郎・宮原益次 1998. 22年間耕土下層に埋土した水田雑草種子の発芽率。雑草研究 43(別): 224-225.
- Kivilaan, A. and R. S. Bandurski 1981. The one hundred-year period for Dr. Beal's seed viability experiment. Amer. J. Bot. 68: 1290-1292.
- Lewis, J. 1973. Longevity of crop and weed seeds survival after 20 years in soil. Weed Res. 13: 179-191.
- 宮原益次 1972. 水田雑草タイヌビエ種子の休眠性に関する生理生態学的研究。農事試研究報告 16: 1-62.
- 野口勝可・中山兼徳・潘采敦 1973. スベリヒユの生態に関する研究 1. 発芽, 初期生育と温度との関係。雑草研究 15: 65-69.
- 野口勝可 1992. 栽培技術の変遷に伴う雑草群落の変化—田畑輪換—。雑草研究 37: 1-7.
- 齊藤孝一 1953. 田畑輪換栽培と雑草の変化。農及園 28: 749-750.
- 鈴木光喜・鈴木金信 1967. 秋田県における畑地雑草の発生消長 —年次変異と土壌乾湿の影響—。日作東北支部会報 9: 29-31.
- 鈴木光喜・皆川左五郎 1970. 秋田県における畑地雑草の発生消長 第2報 地表下30cm埋土種子の時期別発生について。雑草防除研究会第9回講演要旨: 2-5.
- 鈴木光喜・明沢誠二 1972 a. 畑作における地帯別主要雑草の発生消長と除草体系。日植調協東北支部会報 7: 1-18.
- 鈴木光喜・皆川左五郎・佐藤長四郎 1972 b. 畑地雑草ツユクサの生態と防除。秋田農試研究報告 17: 1-34.
- 鈴木光喜 1994. 25年間地中30cmに埋土した数種畑雑草種子の発芽力。雑草研究 39: 34-39.
- 鈴木光喜 1999. 水稻栽培条件下に埋土した主要畑雑草種子の発芽力。雑草研究 44: 80-83.
- 鈴木光喜 2003. 秋田県の主要畑雑草種子の埋土条件における休眠・発芽特性。雑草研究 48: 130-139.
- 鈴木光喜 2004. 埋土処理により休眠覚醒した一年生畑雑草種子の萌芽に及ぼす風乾処理の影響。雑草研究 49: 42-44.
- 高林 実・中山兼徳 1978. 主要畑雑草種子の土中における生存年限について。雑草研究 23: 32-36.
- 高林 実・中山兼徳 1981. 主要畑雑草種子の休眠性の季節的变化。雑草研究 26: 249-252.
- 高橋浩之・飯田克実 1955. 田畑輪換栽培に関する研究 第II報 田畑栽培による雑草の変移。関東東山農試研究報告 8: 14-45.
- 渡辺 泰・広川文彦 1971. 畑雑草種子の地中における死滅の様相について。雑草研究 11: 40-43.
- 渡辺 泰・広川文彦 1974. 一年生畑雑草の発生生態に関する研究 2. オオイヌタデ, シロザ, ヒメイヌビエ種子の圃場における一次休眠覚醒時期並びに覚醒過程における死滅現象について。雑草研究 17: 29-33.
- 渡辺 泰・広川文彦 1975. 一年生畑雑草の発生生態に関する研究 4. 土壌中における活性種子の休眠性の季節的消長。雑草研究 19: 20-24.
- 山本泰由・岩田岩保 1986. 異なる土壌水分条件における主要一年生畑雑草種子の生存年限。雑草研究 31(別): 61-62.
- 山本泰由 1987. 畑雑草種子の土壌中における生存年限。農業技術 42: 145-147.

(2006年5月15日受理)