

長野県で発生した雑草イネ（トウコン）における 地表面種子の越冬生存性と埋土種子の寿命

細井淳¹⁾・牛木純²⁾・酒井長雄¹⁾・青木政晴¹⁾・斉藤康一³⁾

(¹⁾ 長野県農業試験場, ²⁾ 北海道農業研究センター, ³⁾ 長野県農業大学校)

要旨：近年、長野県内の一部地域では、トウコンと呼ばれる雑草化した赤米（以下、雑草イネ）の発生拡大が問題となっている。本研究では、県内各地から収集した雑草イネの代表的な集団について、脱粒後の種子の生存動態を知るため、土壌表面に置床した種子の越冬生存性と、埋土した種子の寿命をそれぞれ圃場条件下で調査した。土壌表面に置床した種子は、越冬2年目に全て死滅した。作土層（地表面下10～15 cm）に埋土した種子は、越冬3年目に全て死滅した。土壌表面に置床した種子の越冬生存性および埋土した種子の寿命には集団間で大きな差があり、越冬1年目では休眠が深い集団ほど越冬生存性が高く、土中の生存個体数が多い傾向にあった。以上の結果から、雑草イネの防除には脱粒した種子を地表面で越冬させることで死滅を促進し、作業機械などを介した圃場への種子の侵入を遮断した上で徹底防除を2年間実施することにより根絶が可能であると推察された。

キーワード：休眠性、作付転換、雑草イネ、トウコン、発芽能力、埋土種子。

近年、長野県内の一部の地域では、一般水稻品種（以下、栽培イネ）の作付け中に、雑草化した脱粒性の高い赤米（以下、雑草イネ）が混生する問題が深刻化している。この雑草イネは、現地通称として古くからトウコンと呼ばれている（盛永 1957, 宮島・高橋 1974）。この混生は、前年の漏生籾に由来する雑草イネが栽培イネの作付け圃場内で生育し、栽培イネの収穫時に雑草イネの籾の一部が混入することにより、農産物検査での銘柄不証明や等級低下（赤米混入の判定）がたびたび引き起こされ、問題となるものである。雑草イネは、明治時代以前に栽培されていた赤米（盛永 1957, 嵐 1974）が雑草化し、現在まで完全に駆除されずに生き残ったものと考えられており、近年の長野県内では湛水直播栽培の導入地域で急速に発生被害が拡大している（斎藤・酒井 2004）。このような発生の拡大傾向は、脱粒性や越冬生存性など防除する上で困難となる難防除特性を雑草イネが備えていることに加えて、低コスト生産指向から作業人員が少数化していることなどによる雑草イネが防除されにくい圃場内環境と、作業受委託の広域化に伴う雑草イネが拡散しやすい管理環境が人為的に作り出されることが要因と考えられている（細井 2009）。

現在までに確立されている雑草イネの主な防除手段は、①直播栽培から移植栽培への転換、②プレチラクロールを含む初期剤とシメトリンを含む中期剤を組み合わせた水稻除草剤の体系使用、③雑草イネの出穂後2週間以内の手取り除草であり（斎藤・酒井 2004, 細井ら 2008）、長野県内ではいくつかの防除手段を組み合わせた総合的防除技術が普及し始めている（細井 2009）。特に直播栽培の継続によって雑草イネが多発した圃場では、移植への切り替え（斎

藤・酒井 2004）や、水稻以外の畑作物への転作（渡邊 2003, 小川・猪谷 2008）といった作付転換は極めて有効な防除手段であり、最も確実な手段である手取り除草と組み合わせることによって高い防除効果が期待できる。現在までに雑草イネの発生が確認されている長野県内の各地域では、その地域の全ての圃場で雑草イネが一様に存在するのではなく、防除が徹底できなかった特定の圃場のみに雑草イネが偏在している状態である。したがって、作付転換による防除は、特定の圃場で一定期間行うのが現実的な実施方法である。一方、雑草イネにおける土中種子の生存動態に関する知見は現在乏しい状況にあり、圃場転換計画を策定するために必要な作付転換を継続すべき年限の基礎情報が明らかとなっていない。

本試験では、作付転換による雑草イネの防除を効率的に行うことを目的として、長野県内各地より収集された雑草イネ種子の土壌表面での越冬生存性、および長期間にわたって埋土した種子の生存年限などについて調査した。

材料と方法

供試した雑草イネは、前報（細井ら 2008）と同様の方法で収集および増殖された全18集団とし、一部の試験ではバイオタイプ内の代表的な集団を供試した（第1表）。本文や図表に記載した越冬年数は、種子が戸外で越冬した回数とした。すなわち越冬1年目の種子とは、1冬季経過した種子と定義した。

1. 地表面で越冬した種子の出芽調査（実験Ⅰ）

成熟期に脱粒し、土壌表面で越冬した種子の生存状態を

確認するため、以下のポット試験を行った。2005年に長野県農事試験場内（長野県須坂市、現：長野県農業試験場、以下試験場という）でポット栽培した雑草イネ18集団（第1表）、および比較対照の栽培イネ2品種（コシヒカリと日本晴）の種子を成熟期に採取し、充実した種子のみに調製した。水田雑草との混生を防ぐため無肥料の培養土を1/2000 a ワグネルポットに充填し、土壌表面に播種して圧着した。播種時期は概ね各集団および品種の成熟期とし（第1表）、播種量は1ポットあたり100粒とした。播種したワグネルポットは、水田雑草の発生を防止するため遮水シートを敷いた試験場の実験水田内へ置いた。鳥類の摂食を防止するため、ワグネルポットの上面を目開き10 mmの金網で覆って固定した。ワグネルポット内の水条件は慣行の水稲栽培と同様とするため、5月上旬から9月中旬までは適宜入水して水深3~5 cm程度の湛水条件を維持し、他の期間は落水して天水のみの乾田条件とした。2005年9月より2007年8月まで、10日毎に出芽個体数を調査し、出芽した幼植物体は調査時に種子ごと除去した。越冬2年目の2007年8月29日に、ワグネルポット内に残存している未出芽の種子を全て洗い出し、生存状態を確認した。生存状態は種子の硬さで判定し、胚乳が腐敗し、指で押しつぶせる程度に軟化しているものや、既に腐敗して籾殻のみとなっている状態のものを腐敗種子と判定した。調査は各集団・品種について3反復で実施した。

2. 埋土種子の生存調査（実験Ⅱ）

長期間にわたり埋土した種子の生存能力を確認するため、以下の圃場試験を行った。実験Ⅰと同様のポット栽培、収穫および調製方法で得た代表的な雑草イネ8集団（第1表）、および比較対照の栽培イネ2品種（コシヒカリと日本晴）の種子を供試した。1集団・品種あたり調製済みの種子100粒を、目開き5 mmの金網で篩った乾燥水田土壌（土壌統群：中粗粒グライ土）約110 gと混和した。種子を混和した土壌を長さ50 mmの硬質ポリ塩化ビニル薄肉管（JIS K6741 VU50、内径56 mm）に充填し、外からストッキングタイプ排水口用水切りネットで包んで封入した。これを開口部が上下になるようにし、2005年9月28日に試験場の実験水田（土壌統群：中粗粒グライ土）へ管の最上部が地表面下約10 cmとなるように埋土した。埋土後の水田は1年のうち5月上旬から9月中旬までは適宜入水して水深3~5 cm程度の湛水条件を維持し、他の期間は落水して天水のみの乾田条件とした。埋土後の水田では除草剤を使用せず、発生した水田雑草は適宜手取りした。越冬1年目の2006年5月26日および越冬2年目の2007年5月22日に各集団・品種3反復、越冬3年目の2008年5月27日に各集団・品種9反復でそれぞれ上記の硬質ポリ塩化ビニル薄肉管を掘り上げて種子を洗い出し、実験Ⅰと同様の生存判定を行った。生存判定を行った種子のうち、腐敗種子に属さない未発芽種子は、シャーレでの発芽試験を行った。

第1表 各実験に供試した雑草イネの集団名とバイオタイプの区分。

各集団の収集年	集団名	バイオタイプ ³⁾	休眠性 ⁴⁾	実験Ⅰ ⁵⁾	実験Ⅱ ⁵⁾
1971年 ~1972年 ¹⁾	ame-01	A	8.1	○ (9/21) ⁶⁾	
	kaw-01	A	1.0	○ (9/21)	
	sin-02	A	1.0	○ (9/21)	○
	yas-03	A	10.4	○ (9/21)	○
	ame-04	B	0.1	○ (9/21)	○
	ame-03	C	0.0	○ (9/21)	○
2002年 ²⁾	iiy-05	A	0.3	○ (9/21)	
	suz-02	A	8.5	○ (9/21)	
	hir-02	D	28.3	○ (9/6)	○
	iiy-01	D	22.4	○ (9/6)	
	kut-02	D	10.2	○ (9/6)	
	noz-01	D	19.2	○ (9/6)	
	ota-02	D	26.2	○ (9/6)	
	kit-03	E	18.4	○ (9/21)	○
	sio-01	E	4.8	○ (9/14)	
	toy-01	(-)	58.5	○ (9/6)	○
	noz-02	F	0.0	○ (8/30)	○
	suz-06	G	0.0	○ (9/25)	
	コシヒカリ	-	0.0	○ (9/21)	○
	日本晴	-	0.0	○ (9/25)	○

¹⁾ 宮島・高橋（1974）によって収集・増殖された集団。

²⁾ 牛木ら（2005）によって収集・増殖された集団。

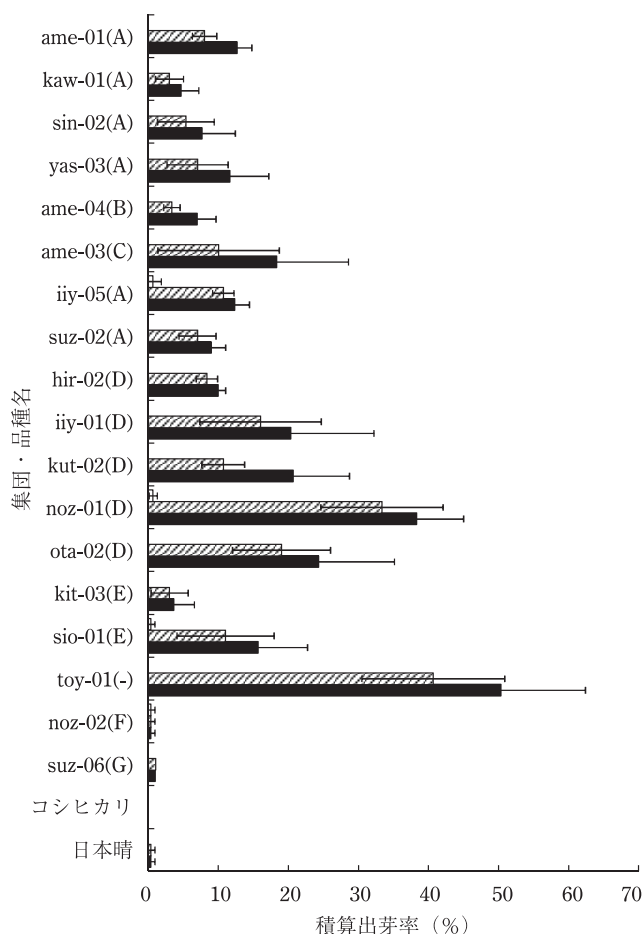
³⁾ 牛木ら（2005）によって生理形態の特徴から類型化された区分、toy-01のバイオタイプはEに区分されていたが、その後の調査で不明と判定された。

⁴⁾ 出穂後100日目における休眠種子の割合、牛木ら（2008）による。

⁵⁾ ○印は実験に供試したことを示す。

⁶⁾ 括弧内は播種日（年度は2005年）を示す。

濾紙を敷き、種子の腐敗防止のためチウラム・ベノミル水和剤1000倍液を一定量入れたシャーレ（直径9 cm）に、採取した未発芽種子を置床し、30℃・暗所湿潤条件で30日間の累計発芽数を調査した。発芽試験中の30日間に発芽しなかった種子は、TTC（塩化2,3,5-トリフェニル-2H-テトラゾリウム）検定（山末2001）により生存判定を行った。この発芽試験では、TTC検定で生存と判定された種子はいずれの集団・品種にも存在しなかった。以上の調査から、埋土種子をその状態によって4種類に区分して計数した（第2表）。すなわち、土中から掘り上げた時点で腐敗していた種子を既腐敗、発芽して生存していた種子を既発芽とした。また、土中からの掘り上げ以降に実施した発芽試験で発芽が確認された種子を後発芽、発芽が確認されずTTC検定により死滅が確認された種子を無発芽とした。さらに、既腐敗と無発芽に属する種子を死滅種子とし、既発芽と後発芽に属する種子を生存種子と区分した。



第1図 地表面で越冬した種子の越冬1年目における積算出芽率の変化(実験I)。

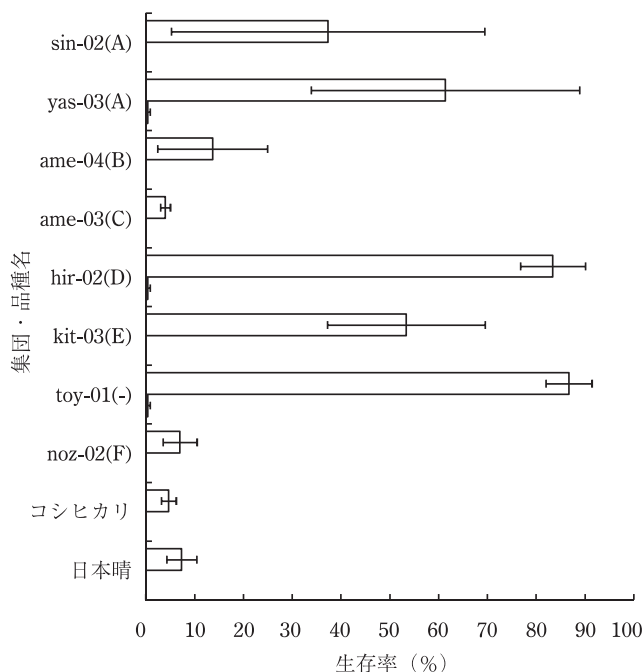
□: 4月下旬, ▨: 5月下旬, ■: 6月下旬。エラーバーは標準偏差を示す。

集団名の後の括弧内は、生理形態的特徴から区分されたバイオタイプ(牛木ら2005)を示す。各3反復の平均値。

結 果

1. 地表面で越冬した種子の出芽調査(実験I)

越冬1年目における越冬種子の出芽パターンは全ての雑草イネの集団に共通し、4月下旬まで少なく、5月下旬までに急激に増加し、6月下旬までに平衡に達する傾向にあった(第1図)。全ての集団で、7月上旬以降に出芽した個体は確認されなかった。越冬1年目の6月下旬における雑草イネの積算出芽率は、noz-02の0.3%からtoy-01の50.3%まで集団間で大きな差があり、noz-02を除いた全ての集団でコシヒカリおよび日本晴よりも上回った(第1図)。代表的なバイオタイプに関してみるとDタイプに属する集団(hir-02, iiy-01, kut-02, noz-01, ota-02)の6月下旬における積算出芽率は10.0%~38.3%の範囲であり、Aタイプに属する集団(ame-01, kaw-01, sin-02, yas-03, iiy-05, suz-02)の4.7%~12.7%と比べると相対的に高い傾向にあった(第1図)。越冬2年目では全ての集団で出芽が確認されず、ポット内には腐敗種子のみが残存していた。



第2図 埋土種子における生存率の変化(実験II)。

生存率は、全埋土種子に対する生存種子の占める割合。

□: 越冬1年目, ▨: 越冬2年目, 越冬3年目の生存率は全て0%のため非表示。エラーバーは標準偏差を示す。

集団名の後の括弧内は、生理形態的特徴から区分されたバイオタイプ(牛木ら2005)を示す。

1年目および2年目は3反復、3年目は9反復の平均値。

2. 埋土種子の生存調査(実験II)

既腐敗と判定された種子は、全ての越冬年および集団で存在したが、越冬2年目以降では全埋土種子の98%以上を占めていた(第2表)。越冬1年目において既腐敗と判定された種子の割合は、hir-02の4.3%からame-03の94.0%まで集団間で大きく異なった(第2表)。越冬1年目に無発芽と判定された種子は、コシヒカリおよび日本晴と比べて雑草イネで少ない傾向にあった(第2表)。生存種子のうち、既発芽と判定された種子は、越冬1年目ではnoz-02を除く全ての集団で存在したが、越冬2年目以降では全く存在しなかった(第2表)。生存種子のうち、後発芽と判定された種子は、越冬1年目で全ての集団に存在したが、越冬2年目にはyas-03, hir-02, toy-01のみに存在し、越冬3年目には全く存在しなかった(第2表)。全埋土種子数に占める生存種子の割合(生存率)は、越冬1年目でame-03の4.0%からtoy-01の86.7%まで集団間で大きく異なり、ame-03を除く全ての集団でコシヒカリまたは日本晴よりも上回った(第2図)。生存率は越冬2年目に著しく低下し、yas-03, hir-02, toy-01でそれぞれ0.3%となり、越冬3年目では全ての集団で0%となった(第2図)。

考 察

本試験の結果より、戸外の圃場条件下において雑草イネの種子が完全に死滅する年限は、土壌表面で越冬2年目、

土中では越冬3年目と推定された。また、実験Ⅰと実験Ⅱの両方に供試した集団を同じ越冬年数で比較すると、ame-03を除き、越冬後の出芽率の方が埋土生存率よりも低かった(第1図, 第2図)。これより、越冬中の雑草イネの種子は、地表面では土中よりも厳しい気象条件に曝されることによって腐敗が進むと予想され、この結果は秋季の不耕起による防除(斎藤・酒井 2004, 細井 2009)が有効であることを裏付けるものであった。アメリカ合衆国に発生した赤米の雑草イネでは、埋土種子の発芽能力が7年間にわたって維持し(Goss and Brown 1939)、東南アジアに発生した雑草イネでは、室内条件で6年間生存した事例がある(徐・許 2003)。これらと比較すると本試験で得られた埋土種子の寿命は明らかに短い結果となった。長野県に発生している雑草イネは、一部を除き栽培イネと同等の弱い休眠性を持つものが多いことから(牛木ら 2008)、海外の雑草イネより短命であると推定された。また、長野県内の雑草イネは、1970年代以降の約20年間に発生がほとんど確認されず、1990年代以降に高頻度で確認されるようになり、近年では未発地域における突発的な発生が度々確認されている(斎藤・酒井 2004)。本試験の結果より、こうした現象は埋土した後に長期間にわたって休眠していた生存種子が覚醒して発生したのではなく、純度の低い種子の使用や、土地改良事業に伴う重機や作業機械への付着による侵入のような人為的要因によって起きていると推察された。以上の結果から、長野県に発生している雑草イネの埋土した種子が完全に死滅する年限を考慮すれば、作付転換による雑草イネの防除は、他の雑草イネ発生圃場からの人為的な種子の持ち込み(特に自家採種種子の使用や機械

を介した伝播)を完全に遮断した上で、最短で2年間実施することが有効であると考えられた。

実験Ⅰより得られた越冬1年目における土壌表面に置床した種子の積算出芽率と、実験Ⅱから得られた越冬1年目における埋土種子の生存率は、概して雑草イネの方が栽培イネよりも高く、雑草イネの集団間で大きな差があることが判明した。また、越冬後の積算出芽率と休眠性との間には $r=0.77^{**}$ 、埋土種子の生存率と休眠性との間には $r=0.86^{**}$ の高い正の相関があり(**は1%水準で有意)、休眠が深い集団ほど越冬後の積算出芽率および埋土種子の生存率が高い傾向にあった(第3図)。他の集団と大きく異なり、休眠性が最も深いtoy-01を除いた場合の相関係数は、越冬後の積算出芽率で $r=0.55^{*}$ 、埋土種子で $r=0.91^{**}$ となり(*は5%水準で有意、**は1%水準で有意)、前者で相関係数がやや小さくなったものの、この傾向が変わることはなかった。柳島(1965)は、雑草イネの越冬生存性が栽培イネよりも高いこと、またその差が雑草イネの穎の不透水性、すなわち物理的な要因による可能性を示している。一方、細井ら(2009)は、玄米を用いた低温発芽性の検定によって、胚自体が備える休眠性の集団間の差を示している。このように、越冬生存性や埋土種子の寿命に関与する休眠性には、穎の透水性や胚の生理活性と、それらを制御する遺伝的な要因が関わっていると予想され、今後は休眠性の差に関するメカニズムを具体的に検討する必要がある。

長野県に発生した雑草イネの優占集団は変遷している。すなわち、1970年代には休眠の浅いAタイプ、2000年代には休眠が深いDタイプが優占する傾向にある(牛木ら

第2表 土中から掘りあげた埋土種子の状態(実験Ⅱ)。

集団・品種名 ¹⁾	越冬1年目(2006年)				越冬2年目(2007年)				越冬3年目(2008年)			
	死滅種子		生存種子		死滅種子		生存種子		死滅種子		生存種子	
	既腐敗 ²⁾	無発芽 ³⁾	既発芽 ⁴⁾	後発芽 ⁵⁾	既腐敗 ²⁾	無発芽 ³⁾	既発芽 ⁴⁾	後発芽 ⁵⁾	既腐敗 ²⁾	無発芽 ³⁾	既発芽 ⁴⁾	後発芽 ⁵⁾
sin-02 (A)	56.3	6.0	24.3	13.0	99.7	0.3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
yas-03 (A)	36.3	2.3	5.7	55.7	99.0	0.7	0.0	0.3	99.9	0.1	0.0	0.0
ame-04 (B)	74.7	11.7	2.7	11.0	99.3	0.7	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
ame-03 (C)	94.0	2.0	1.3	2.7	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
hir-02 (D)	4.3	9.0	62.7	20.7	98.3	1.3	0.0	0.3	100.0	0.0	0.0	0.0
kit-03 (E)	38.7	7.3	27.3	26.0	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
toy-01 (–)	4.7	8.0	39.7	47.0	99.7	0.0	0.0	0.3	99.9	0.1	0.0	0.0
noz-02 (F)	70.7	21.7	0.0	7.0	99.7	0.3	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
コシヒカリ	63.0	31.7	0.0	4.7	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0
日本晴	38.3	52.7	0.0	7.3	100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0

数値は全埋土種子数に占める割合で、単位は%。

越冬1年目および2年目は3反復、3年目は9反復の平均値。

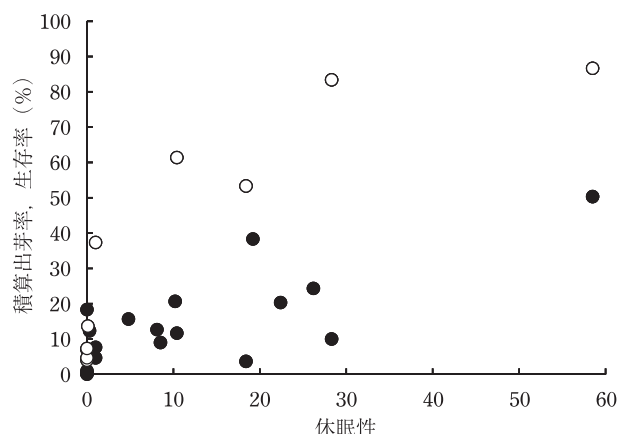
¹⁾ 括弧内のアルファベットはパイオタイプ(牛木ら 2005)を示す。

²⁾ 掘り上げた時点で腐敗していると判断された種子。

³⁾ 掘り上げた時点で腐敗が確認されず、発芽試験でも発芽せず、TTC検定によって死滅と判断された種子。

⁴⁾ 掘り上げた時点で既に発芽し、生存していた種子。

⁵⁾ 掘り上げた時点で腐敗していなかったが、発芽試験で発芽した種子。



第3図 休眠性と越冬1年目の積算出芽率および埋土1年目の生存率の関係。

●：越冬1年目の積算出芽率 ($r=0.77^{**}$)，○：埋土1年目の生存率 ($r=0.86^{**}$)，**は1%有意。

休眠性は、出穂後100日目における休眠種子の割合(%)，牛木ら(2008)による。

2005)。著者らはこの理由のひとつとして、Aタイプと比較してDタイプに属する集団の脱粒が早期から始まることで、より早いシードバンクが形成されることが関与していると予想した(細井ら2008)。本試験では、AタイプよりもDタイプに属する集団の越冬生存性が高く、埋土1年目の生存率が高かった(第1図、第2表)。この特性は、脱粒に由来する埋土種子から次年度に多くの漏生個体を発生できる点で生存戦略に優位であり、雑草イネの優占集団の変遷に大きく関わっている可能性を示唆するものであった。

本試験より、土壌表面および土中における雑草イネ種子の挙動が明らかとなったが、今後は、越冬後の雑草イネ種子の発芽動態と、それに基づく防除法について明らかにする予定である。

引用文献

- 嵐嘉一 1974. 日本赤米考. 雄山閣, 東京. 5-10.
- Goss, W. L. and E. Brown 1939. Buried red rice seed. J. Amer. Soc. Agron. 31: 633-637.
- 細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴・手塚光明 2008. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)における脱粒性の推移と脱粒初の出芽能力. 日作紀 77: 321-325.
- 細井淳 2009. 長野県に発生した雑草イネ(雑草性赤米)における難防除特性の解析および総合的防除システム構築への方向性. 植調 42: 561-567.
- 細井淳・牛木純・酒井長雄・青木政晴 2009. 長野県で発生した雑草イネ(トウコン)の低温発芽性および越冬種子の出芽動態. 日作紀 78(別1): 314-315.
- 宮島吉彦・高橋信夫 1974. 長野県産赤米の稲トウコン. 農業技術 29: 453-455.
- 盛永俊太郎 1957. 日本の稲改良小史. 養賢堂, 東京. 193-220.
- 小川正巳・猪谷富雄 2008. 赤米の博物誌. 大学教育出版, 岡山. 80-85.
- 斎藤稔・酒井長雄 2004. 長野県における雑草イネの発生状況と防除法. 関雑研会報 15: 18-23.
- 牛木純・赤坂舞子・手塚光明・酒井長雄・斎藤稔・石川隆二 2005. 長野県に発生する雑草性赤米の生理形態的特徴と分布の変遷. 育種学研究 7(別1, 2): 391.
- 牛木純・赤坂舞子・手塚光明・石井俊雄 2008. 国内に発生する雑草イネの発芽様式および休眠性の特徴. 雑草研究 53: 128-133.
- 渡邊寛明 2003. 雑草イネの生態と出現・多様化の栽培要因 - 東南アジアでの調査研究から -. 日本雑草学会 第18回シンポジウム講演要旨. 29-37.
- 徐學洙・許文會 2003. 雑草イネとは?. 森島啓子編, 野生イネの自然史. 北海道大学図書刊行会, 北海道. 107-120.
- 山末祐二 2001. 種子の休眠・発芽調査法. 日本雑草学会編, 雑草科学実験法. 日本雑草学会, 東京. 52-53.
- 柳島純雄 1965. 雑草の立場からみた赤米(トウコン)の越冬と出芽について. 雑草研究 4: 67-70.

Viability Dynamics of Overwintering Seeds of Weedy Rice in Nagano Prefecture Placed on Soil Surface and Buried in Soil: Jun HOSOI¹⁾, Jun USHIKI²⁾, Nagao SAKAI¹⁾, Masaharu AOKI¹⁾ and Koichi SAITO¹⁾ (¹⁾Nagano Pref. Agric. Exp. Stn., ²⁾Natl. Agric. Res. Cent. Hokkaido Region, Sapporo 062-8555, Japan, ³⁾Nagano Pref. Farmers Acad.)

Abstract: A weedy rice with a red pericarp, called Toukon in Japanese, has recently become a problem in parts of Nagano Prefecture, Japan. To determine the survivability of shattered seeds of weedy rice, we collected typical weedy rice accessions in Nagano and studied the overwintering ability of seeds placed on the soil surface (surface-seeds) and the longevity of seeds buried at 10 to 15 cm in the soil (buried-seeds). All the surface-seeds had died by the second winter season. On the other hand, all the buried-seeds had died by the third winter season. The overwintering ability and longevity of weedy rice seeds varied greatly with the accession. In the first winter, seeds with deeper dormancy had a higher overwintering ability and tended to have longer longevity than those with shallow dormancy. These results suggest that death of shattered seeds of weedy rice could be accelerated by exposure to the cold of winter on the soil surface and that their seed banks could be eradicated by implementing thorough weed control for two years while preventing the transfer of seeds by farm machinery from other fields.

Key words: Buried seed, Conversion of cropping, Germination ability, Seed dormancy, Toukon, Weedy rice.