

品種・遺伝資源

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籾の発芽能力

細井淳¹⁾・牛木純²⁾・酒井長雄³⁾・青木政晴¹⁾・手塚光明¹⁾

(¹⁾ 長野県農事試験場, (²⁾ 中央農業総合研究センター, (³⁾ 長野県農業技術課)

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）の発生が拡大し、問題となっている。本研究では、脱粒籾による漏生や埋土種子の増加を防ぐ観点から、雑草イネの手取り除草による防除適期を明らかにすることを目的として、県内各地から収集した雑草イネの脱粒性の推移と脱粒籾の発芽能力について調査した。防風された戸外で栽培した雑草イネの触診による調査では、出穂後約2週間目から脱粒する籾が確認され、3～4週間目に1日あたりの脱粒籾数が最も多くなり、約1ヶ月間にわたって脱粒が継続した。一方、圃場条件下で栽培した雑草イネの観察による調査では、雑草イネは出穂後約2週間から1ヶ月の間に自然脱粒を開始した。また、出穂が早い集団ほど出穂後短期間のうちに自然脱粒を開始する傾向にあった。脱粒した時期にかかわらず、脱粒した籾は帯緑籾を含めて80%以上の発芽能力を有し、約0.1～0.2%の籾は深い休眠性を有していた。以上の結果から、脱粒した籾からの漏生と埋土種子の増加を防ぐためには、雑草イネの出穂後2週間以内に手取り除草を行うことが発生密度の低減効果を向上させる上で重要であると考えられた。

キーワード：雑草イネ、脱粒性、手取り除草、トウコン、発芽能力、埋土種子。

近年、長野県内の一部地域では、栽培イネの作付中に雑草化した赤米（以下、雑草イネ）が混生する問題が生じている。この雑草イネは、長野県内では古くから独自の通称として「トウコン」と呼ばれており、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、現在まで駆逐されずに生き残ったものと考えられている。日本国内では、インド型と日本型の両方の赤米が栽培されてきたが、長野県に発生する雑草イネは日本型に属し、他の栽培種の赤米とは異なり著しい自然脱粒性を有するなど野生型に近い特徴を持つ（赤坂・牛木 2006）。1970年代までは、雑草イネの発生地域は長野市南部の乾田直播栽培地域に限られており（柳島 1965, 宮島・高橋 1974）、以降、機械移植栽培の普及や除草剤の使用拡大とともに発生は減少し、駆除問題は一旦収束していた。しかし近年、湛水直播栽培の導入地域を中心に再び発生がみられ、現在においても県内各地で発生が拡大する傾向にある（斎藤・酒井 2004）。この傾向は、湛水直播栽培において栽培イネの出芽時における薬害回避のため、薬効の強い除草剤が使用できないことや、経営の大規模・省力化がすすみ、圃場巡回の頻度が低まったことで、発生した雑草イネの見逃しが増えたことに起因すると考えられる。

県内各地から収集された雑草イネに共通する主な特徴は、①玄米の果皮は鮮やかな赤色を呈する、②脱粒性が極めて高い、③ふ先色がある、④出穂期が「コシヒカリ」よ

りやや早い、⑤稈が「コシヒカリ」より長い、⑥他の有色米とは異なり、茎葉の一部に色素が沈着しない、などが挙げられる（宮島・高橋 1974, 牛木ら 2005）。これらの籾の一部が脱粒せずに一般の食用粳玄米の収穫物に一定量以上混入した場合は、等級低下や検査不合格となることから、大きな問題となっている。また、雑草イネは、①脱粒性や越冬性が高いこと（柳島 1965）、②栽培イネとの間に選択性を持つ除草剤がないことなどから、現状では一旦発生すると根絶が困難である。雑草イネの出穂前の防除手段としては、①直播栽培から移植栽培（晩植）への移行、②非選択性除草剤の耕起前散布、③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除草剤の体系使用、などが実施されている（斎藤・酒井 2004）。しかしながら、上記の方法では完全な防除が困難な場合が多く、雑草イネの出穂後の手取り除草が重要な防除方法の一つとなっている。

雑草イネと栽培イネは形態がよく似ており、出穂前は発生圃場における識別が困難であるため、穂の形態（ふ先色の有無等）による識別が可能となる出穂後に手取り除草が実施されている。しかし、出穂後に手取り除草を実施しても、すでに籾の一部が脱粒している場合には、結果的に翌年の漏生や埋土種子の増加を防げていない事例も見受けられる。手取り除草は、労力や人件費などで多大な負担を強いられるため効率的に実施する必要があるが、雑草イネの

2007年12月3日受理。連絡責任者：牛木純 〒305-8666 茨城県つくば市観音台3-1-1

TEL/FAX 029-838-8953, jushiki@affrc.go.jp

本研究の一部は文部科学省科学研究費補助金「耕地環境におけるイネの雑草化機構の生態遺伝学的解析（No.16780010）」の助成を得て行った。

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 採取年	集団名	バイオ タイプ ³⁾	実験 I 実験 III	実験 II
1971 年 ～ 1972 年 ¹⁾	ame-01	A		○
	kaw-01	A		○
	sin-02	A	○	○
	yas-03	A	○	○
	ame-04	B	○	○
2002 年 ²⁾	ame-03	C		○
	iiy-05	A		○
	suz-02	A		○
	hir-02	D	○	○
	iiy-01	D		○
	kut-02	D		○
	noz-01	D		○
	ota-02	D		○
	kit-03	E	○	○
	sio-01	E		○
	toy-01	E	○	○
	noz-02	F		○
	suz-06	G		○

○印は各実験に供試したことを示す.

¹⁾ 宮島・高橋 (1974) によって採取・増殖された集団.

²⁾ 牛木ら (2005) によって採取・増殖された集団.

³⁾ 牛木ら (2005) によって生理形態的特徴から類型化された区分.

脱粒開始時期や脱粒した籾の発芽能力については不明な点が多い. そこで本実験では, 手取り除草による漏生等の防止効果を向上させることを目的として, 長野県内各地より収集された雑草イネの脱粒に関する諸特性, および脱粒した籾の発芽能力について調査した.

材料と方法

雑草イネは, 宮島・高橋 (1974) によって 1971 年から 1972 年にかけて長野市南部を中心に収集され, 長野県農業試験場 (長野県長野市, 現: 長野県農事試験場) で増殖後保存されていた 6 集団, および牛木ら (2005) によって 2002 年に長野県内各地で収集され, 中央農業総合研究センター水田圃場 (茨城県つくばみらい市) で増殖後保存された 12 集団を供試した (第1表). なお, 同一地域内で採取された集団は, 栽培中に生理・形態的形質の分離が観察されなかったことから固定系統と同等に扱った. また, 異なる地域から採取された集団で, 同様の生理・形態的特徴を持つ集団についてはバイオタイプ (A~G) として類型化した (牛木ら 2005). 一部の実験では, バイオタイプ内の代表的な集団について実験を行った (第1表). 各集団は, 2005 年 5 月 24 日に長野県農事試験場内 (長野県須坂市) で 1/2000a ワグネルポットへ中苗 1 本を移植した. 肥料は, 基肥として BB 肥料 C-046 (N, P₂O₅, K₂O = 10, 24, 16%) を窒素成分で 4 kg/10 a 相当量, 追肥として 2005 年 7 月 12 日に硫安を窒素成分で 2 kg/10 a 相当量を施用した. ポット内に発生した水田雑草は適宜手取りし, 病害虫は無防除とした. なお, 実験期間中は, 台風等による生育の被

害は発生しなかった.

1. 触診による脱粒特性の調査 (実験 I)

穂に着生した籾が容易に脱粒し始める時期および脱粒程度を把握するため, 触診による調査を行った. 雑草イネ 6 集団 (第1表, 第2表) およびコシヒカリ (比較対照) を, 風による脱粒が起こらないように壁によって周囲が遮られた戸外で栽培し, 出穂期 (調査対象の穂が葉鞘から完全に出現した日) 以降に 2 日または 3 日毎に穂を軽く 1 回しごいて脱粒した籾を採取した. 調査は 1 株の中で最も早く出穂した 3 本の穂について継続して行い, 逐次採取した籾は成熟籾, 帯緑籾および不稔籾に区分して計数した. 調査は各集団について 3 反復で実施した.

2. 観察による脱粒特性の調査 (実験 II)

圃場条件下で自然脱粒が始まる時期を把握するため, 観察による調査を行った. 雑草イネ 18 集団 (第1表, 第3表) と, コシヒカリおよび日本晴 (比較対照) を, 遮水シートを敷いた実験水田内へ配置したポットにおいて前述と同様の方法で栽培し, 各集団の出穂期, 自然脱粒開始期, 成熟期を調査した. 出穂期は 1 株内で約半分の分けつが出穂した日, 自然脱粒開始期は, 株元に脱粒籾が 1 粒以上確認され, 穂の枝梗からの損失が確認された日, 成熟期は帯緑籾歩合が 10% 以下となった日とした. 調査は各集団について 3 反復で実施した.

3. 脱粒した籾の発芽能力検定 (実験 III)

脱粒した籾の発芽能力を確認するため, 実験 I で採取した雑草イネ 6 集団 (第1表, 第4表) の不稔籾を除くすべての脱粒籾 (成熟籾, 帯緑籾) について, 室温乾燥条件下で保存した後, 2006 年 7 月 20 日に以下の発芽試験を行った. 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, 採取した籾を採集日ごとに置床し, 30℃・暗所湿潤条件下で 14 日目の発芽率を調査した. 置床数は 1 シャーレあたり 100 粒以下とした. さらに休眠性を調査するため, 上記の条件下で 1 ヶ月間静置しても発芽しない籾について, 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) により生死判定を行い, 生存していた種子を休眠種子として計数した.

結 果

1. 触診による脱粒特性の調査 (実験 I)

供試した雑草イネ 6 集団は, 出穂後約 2 週間目から脱粒開始期 (触診によって初めて脱粒が確認された日) となり, 約 3 週間~4 週間目に脱粒最盛期 (触診によって最も多く脱粒が確認された日) となった (第2表). いずれの集団においても脱粒は 1 ヶ月程度にわたって継続し, 経時的な積算脱粒率 (穂の全籾数に対する脱粒した籾の合計数の割合) の変化は典型的なシグモイド曲線を描いた (第1図).

第2表 供試集団の出穂期と脱粒特性(実験Ⅰ)。

集団・品種名 ¹⁾	出穂期 ²⁾	脱粒開始期 ³⁾	脱粒最盛期 ⁴⁾
hir-02 (D)	8/ 1	8/11 (10)	8/22 (22)
toy-01 (E)	8/ 1	8/14 (13)	8/20 (19)
kit-03 (E)	8/ 5	8/18 (13)	9/ 3 (29)
yas-03 (A)	8/ 6	8/20 (14)	9/ 3 (28)
ame-04 (B)	8/ 7	8/22 (15)	9/ 3 (27)
sin-02 (A)	8/ 9	8/22 (13)	9/ 3 (25)
コシヒカリ	8/ 6	—	—

9穂(3反復×3穂)の平均値。

¹⁾ 括弧内のアルファベット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。

²⁾ 調査した穂が完全に出現した月日。

³⁾ 触診によって初めて脱粒が確認された月日。括弧内は出穂期からの日数。

⁴⁾ 脱粒数が最も多かった月日。括弧内は出穂期からの日数。

また、全ての集団で初期の脱粒期には総じて帯緑期(緑色を帯び、十分に成熟していない期)の割合が高かった(第2図)。

2. 観察による脱粒特性の調査(実験Ⅱ)

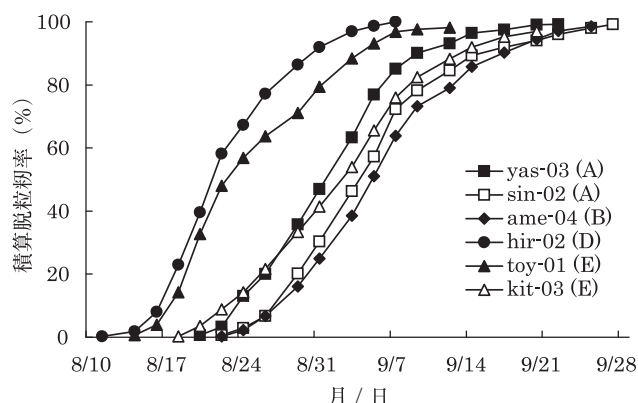
供試した雑草イネ18集団における自然脱粒開始期(圃場条件下で自然脱粒が初めて確認された日)は集団ごとに異なり、8月15日から9月12日まで約1ヶ月間の開きがあった(第3表)。脱粒性を持つすべての集団において成熟期より前に自然脱粒が確認されたが、早生の集団ほど出穂から自然脱粒開始期までの間隔(出穂後自然脱粒開始日数)が短くなる傾向にあった(第3表)。供試した雑草イネの出穂期はame-03, sin-02, suz-06を除いた15集団、成熟期はこれからkaw-01, iij-05を除いた13集団が、それぞれコシヒカリよりも同等もしくは早かった(第3表)。実験Ⅰで供試した集団では、sin-02を除く全ての集団で、脱粒開始期から脱粒最盛期までの間に自然脱粒開始期に達した(第2表、第3表)。

3. 脱粒した期の発芽能力検定(実験Ⅲ)

供試した雑草イネ6集団の脱粒期(不稔期を除いた成熟期、帯緑期)は、脱粒した時期にかかわらず80%以上の発芽率を示し、脱粒の開始時期もしくは脱粒の終了時期に脱粒した期を除くと、概ね95%以上の発芽能力を有していた(第3図)。また、休眠種子は、栽培イネには確認されなかったが、一部の集団(sin-02)を除く雑草イネ集団には約0.1~0.2%程度の割合で含まれていた(第4表)。

考 察

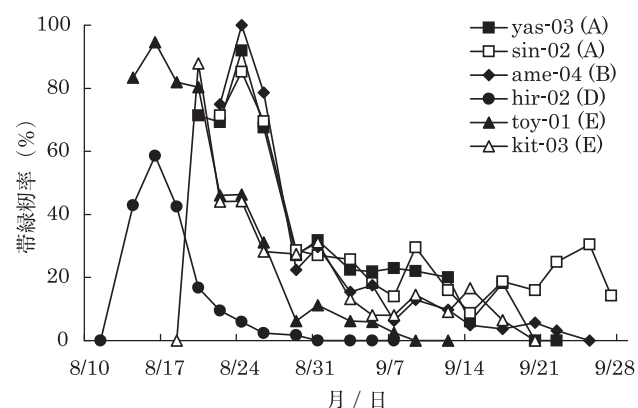
実験Ⅰの結果から、長野県に発生する雑草イネは潜在的には出穂後10日~2週間程度で一部の期が脱粒しやすい状態(脱粒開始期)となり、3~4週間程度で最も多くの期が脱粒しやすい状態(脱粒最盛期)に達し、約1ヶ月間



第1図 積算脱粒率*の推移(実験Ⅰ)。

*全期数に対して脱粒期数を累積した割合、9本の穂の合計値から算出。

凡例の括弧内は、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。



第2図 緑色率*の推移(実験Ⅰ)。

*帯緑率 = $100 \times \text{帯緑期数} / \text{総脱粒期数}$ 、9本の穂の合計値から算出。

凡例の括弧内は、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。

脱粒を継続することが明らかとなった(第2表、第1図)。また、実験Ⅱの結果から、圃場内では上記の脱粒開始期から脱粒最盛期の間に自然に脱粒が起こる状態(自然脱粒開始期)に達することが観察された(第3表)。このように、圃場での自然脱粒開始期が、実験Ⅰの脱粒開始期に比べて4~13日の遅れていることは、雑草イネが脱粒を起こしやすい状態となった後に風などの外力が加わることによって自然脱粒が起きていることを反映している。従って、供試した全ての集団の自然脱粒開始期は、強風などの外的影響によって脱粒開始期に近づく可能性があり、天候によっては手取り除草の実施時期を早める必要があると考えられる。さらに実験Ⅲより、これらの期間に脱粒する期の多くは帯緑期であるが(第2図)、そのほとんどが発芽能力を有することが明らかとなった(第3図)。以上の結果より、漏生や埋土種子の増加を防止する観点から、雑草イネが脱粒する前に手取り除草をするためには、遅くとも出穂後2

第3表 供試集団の出穂期, 自然脱粒性, 成熟期 (実験II).

集団・品種名 ¹⁾	出穂期 ²⁾	自然脱粒 開始期 ³⁾	成熟期 ⁴⁾
noz-02 (F)	7/27	脱粒なし	8/22 (26)
iiy-01 (D)	7/31	8/18 (18)	9/ 5 (36)
noz-01 (D)	8/ 1	8/16 (15)	9/ 2 (32)
kut-02 (D)	8/ 1	8/18 (17)	9/ 2 (32)
hir-02 (D)	8/ 1	8/15 (14)	9/ 3 (33)
toy-01 (E)	8/ 1	8/20 (19)	9/ 6 (36)
ame-04 (B)	8/ 1	8/27 (26)	9/ 7 (37)
ota-02 (D)	8/ 2	8/19 (17)	9/ 3 (32)
sio-01 (E)	8/ 4	8/29 (25)	9/ 7 (34)
kit-03 (E)	8/ 4	8/30 (26)	9/11 (38)
yas-03 (A)	8/ 5	9/ 1 (27)	9/15 (41)
suz-02 (A)	8/ 6	8/31 (25)	9/14 (39)
ame-01 (A)	8/ 6	8/30 (24)	9/16 (41)
kaw-01 (A)	8/ 7	8/29 (22)	9/17 (41)
iiy-05 (A)	8/ 7	8/29 (22)	9/17 (41)
ame-03 (C)	8/ 9	脱粒なし	9/18 (40)
sin-02 (A)	8/ 9	9/ 4 (26)	9/19 (41)
suz-06 (G)	8/13	9/12 (30)	9/21 (39)
コシヒカリ	8/ 7	脱粒なし	9/16 (40)
日本晴	8/20	脱粒なし	9/24 (35)

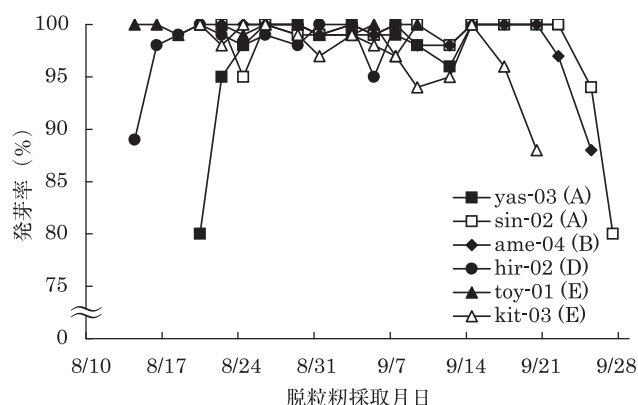
3 反復の平均値.

¹⁾ 括弧内のアルファベット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.²⁾ 1 株内で約半分の分けつが出穂となった月日.³⁾ 初めて自然脱粒が確認された月日. 括弧内は出穂期からの日数.⁴⁾ 帯緑初歩合が 10% 以下となった月日. 括弧内は出穂期からの日数.

週間以内に実施することが望ましいことが示唆された.

牛木ら (2005) は, 長野県の雑草イネを複数のバイオタイプに類型化しているが, 本試験においてもバイオタイプごとに、出穂期が異なり, 実験Iの脱粒開始期および実験IIの自然脱粒開始期も異なっていた (第2表, 第3表). 概ね, 出穂が早い集団ほど, 出穂後から自然脱粒が開始するまでの期間が短い傾向にあった. AタイプとDタイプを比較すると, 出穂の早いDタイプの方が脱粒開始期で約10日, 自然脱粒開始期で約2週間早かった (第2表, 第3表). 近年の長野県内では, 1970年代に優占していたAタイプに代わり, Dタイプが優占する傾向にあることから (牛木ら 2005), Dタイプに備わる早期に脱粒する特性はシードバンクをより早く形成できる点で雑草イネの生存戦略上有利に働いている可能性が示唆された. また, DタイプはAタイプよりも約10 cm 短稈であり (牛木ら 2005), 手取り除草の際に圃場内での発見がより困難であることも生存戦略に影響していると考えられる.

脱粒した雑草イネの籾には, 約0.1~0.2%の割合で深い休眠性を持つものが存在した (第3図). このような深い休眠性は, 土中に長期間にわたって潜伏した後に雑草イネが再発生したと思われる事例 (斎藤・酒井 2004) にも関係すると考えられる. このような長期に生存する種子を含んだ雑草イネの籾がシードバンクを形成することを未然に



第3図 脱粒した籾の発芽率*の推移 (実験III).

*採取した脱粒籾を室温乾燥条件下で約11ヶ月間保存した後, 30℃, 暗所湿潤条件下で確認した発芽率.

凡例の括弧内は, 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.

第4表 脱粒籾に含まれる休眠性を持つ籾の割合 (実験III).

集団・品種名 ¹⁾	供試籾数	休眠率 (%) ²⁾
hir-02 (D)	1106	0.18
toy-01 (E)	990	0.10
kit-03 (E)	839	0.12
yas-03 (A)	914	0.11
ame-04 (B)	1108	0.18
sin-02 (A)	900	0.00
コシヒカリ	500	0.00
日本晴	500	0.00

¹⁾ 括弧内のアルファベット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.²⁾ 発芽試験開始後31日目においても発芽しなかったが, TTC検定によって生存が確認された籾の割合.

防ぐ意味においても, 脱粒が起きる前に徹底した手取り除草を行う必要がある.

現状では, 発生する雑草イネはコシヒカリよりも出穂期がわずかに早い集団が多く (第3表), 出穂直後には赤いふ先色や芒が目立つため, コシヒカリ栽培圃場内で識別することは比較的容易である. しかし, 雑草イネの多発地域では100株/m²を超える発生量も確認されており (斎藤・酒井 2004), 適期に手取り除草を実施することは労力的に困難である. 手取り除草の適期を逃した場合, 栽培イネと雑草イネの識別が極めて困難となり, 脱粒に由来する埋土種子が増加するのみならず, 脱粒しないまま収穫物へ取り込まれる赤米の割合も増加し, 収穫物の等級低下への危険性が高まる. このような圃場では, 雑草イネの出芽後に代かきを行うことですき込みによる除草効果が発揮される晩植の励行に加えて, 移植栽培における初期剤と中期剤の組み合わせによる除草剤の体系処理を併用することで雑草イネの発生密度を十分に下げつつ, 前述のような適期に効果的な手取り除草を行うことで根絶を図ることが重要であ

る。

今後は埋土種子の寿命、および越冬性と休眠性の関係などについて調査し、出芽時の生態と適切な防除法などについて明らかにする予定である。

引用文献

- 赤坂舞子・牛木純 2006. 国内外で採取された赤米の遺伝的特性と生理形態的特性の比較. 雑草研究 51(別): 162-163.
 嵐嘉一 1974. 日本赤米考. 雄山閣, 東京. 5-10.
 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.
 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.
 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.

Seed Shattering Habit of Weedy Rice in Nagano Prefecture, Japan, and Germination Ability of Shattered Seeds : Jun Hosor¹⁾, Jun Ushiki²⁾, Nagao Sakai³⁾, Masaharu Aoki¹⁾ and Mitsuaki Tezuka¹⁾ (¹⁾Nagano Agric. Exp. Stn., ²⁾Natl. Agric. Res. Cent., Tsukuba 305-8666, Japan; ³⁾Nagano Pref. Agric. Exp. Ext. Div.)

Abstract : A weedy rice with a red pericarp, known as 'Toukon', has become a serious problem for rice producers in Nagano Prefecture. We studied the seed threshability and shattering habit of weedy rice accessions collected from paddy fields in Nagano to identify the appropriate timing for hand weeding of the weedy rice to prevent them from shattering their seeds and forming a seed bank in the fields. We also studied the germination ability of the weedy rice seed threshed after heading at intervals. We assessed the threshability of the weedy rice accessions grown under a condition undisturbed by wind by stroking their panicles slightly by hand at different times after heading and counted the number of threshed seeds. Some seeds were threshed about 2 weeks after heading, and almost all within 1 month. The number of threshed seeds per day was the highest about 3 to 4 weeks after heading. On the other hand, most accessions grown under field condition started to shatter their seed between 2 weeks and 1 month after heading. Early-heading accessions tended to start shattering sooner after heading than late-heading accessions. Although most threshed seeds in the early stage had green hulls and looked immature, more than 80 of them germinated. Additionally, about 0.1% to 0.2% of the seeds collected from each accession showed dormancy. These results suggest that weedy rice should be cleared from the field within 2 weeks after heading by hand or other weeding methods to prevent them from shattering their seeds and forming a seed bank in the soil.

Key words : Buried seed, Germination ability, Hand weeding, Shattering habit, Toukon, Weedy rice.