

暖地の発酵粗飼料用イネ栽培における雑草防除問題

農研機構 九州沖縄農業研究センター 小荒井晃

1. はじめに

近年、排水等の条件が悪い水田でも栽培でき、飼料自給率の向上にも寄与する転作作物として、茎葉と子実を合わせて収穫し、サイレージ発酵させて粗飼料として利用する水稻栽培(以下、WCS(発酵粗飼料)用イネ栽培)が推進されている。WCS 用イネ栽培では省力・低コスト化の観点から食用イネ栽培以上の簡便な除草体系や除草剤の使用量の削減が望まれていた。しかし、省力・低コスト化を優先するあまり、雑草管理が不十分となり、収穫時に雑草が繁茂して、収穫作業の際、イネだけでなく、雑草や雑草種子もあわせて収穫する事例が多く見られた。そのため、WCS 用イネ栽培に対応した新たな雑草制御技術の開発が急務であった。そこで、農研機構九州沖縄農業研究センターでは、2000年度から農林水産省の委託プロジェクト等に参画し、暖地 WCS 用イネ栽培における雑草制御技術の開発に取り組んできた。

2. 農薬使用上の留意点

WCS 用イネ栽培における雑草防除では、現在、農林水産省生産局畜産部からの事務連絡(農林水産省 27 生畜第 1867 号通知)に基づいて“稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第 6 版((一社)日本草地畜産種子協会 2014)(以下、生産・給与マニュアル)”に掲載されている農薬の種類・使用方法によって対応することとなっている。生産・給与マニュアルでは、農薬の使用時期に「収穫〇日前まで」という記載がある場合は、「収穫」を WCS 用イネの収穫にそのまま適用することとしている。なお、生産・給与マニュアルの記載の除草剤は毎年更新されるので、最新の情報を入手することに心がける。

3. 直播栽培における雑草防除

WCS 用イネ栽培では、前項の農薬の使用上の留意点に注意を払いつつ、食用イネ栽培に準じて雑草を防除することを基本とする。しかし、上述のように、

WCS 用イネ栽培では、食用イネ栽培以上に省力・低コスト性が強く要求されるため、除草剤の使用を削減した雑草管理技術の開発が望まれる。草丈が高く、初期生育の優れたイネ品種は雑草抑制力が優れていることから(Koarai and Morita 2003)、WCS 用イネ専用品種の雑草抑圧力を評価したところ、茎葉型品種は飼料用米向き多収品種や食用品種より雑草抑圧力が強い品種が多かった(小荒井ら 2003)。そこで、草冠を速やかに被覆するため雑草抑圧力が強いとされる品種を利用すると必要除草期間が短くなり、湛水直播栽培では初期除草剤のみの除草剤 1 回処理体系(小荒井ら 2005, 2007)、乾田直播栽培では入水後の除草剤を省略した除草剤 2 回処理体系(小荒井 2016)でも、実用上問題ない程度に雑草を防除できることを明らかにした。したがって、WCS 用イネ直播栽培では、雑草抑制力の強い品種を作付けることで省力・低コストな雑草管理が可能であると考えられた。

4. WCS 用イネ 2 回刈り栽培法での直播栽培における雑草防除

(1) 2 回刈り栽培とは

WCS 用イネ 2 回刈り栽培とは、温暖な九州南部において、4 月上旬から中旬頃に播種(移植)して、穂ばらみ期から穂揃い期頃に 1 番草を収穫し、再生したイネを糊熟期から黄熟期頃に再び 2 番草として収穫する栽培法である(農研機構九州沖縄農業研究センター 2011)。

(2) 2 回刈り直播栽培における除草剤の使用上の留意点

本栽培技術の開発当時、生産・給与マニュアルにおいて直播栽培で使用できる除草剤として掲載されていた一発処理型除草剤を含む湛水土壌処理型除草剤にはすべて使用時期に『収穫 90 日前まで』などの記載があった。2 回刈り直播栽培では、乾田直播栽培における入水後、および湛水直播栽培における再入水後に使用する一発処理型除草剤を散布する時期から

おおむね 70~80 日後には 1 番草の収穫時期を迎えるため、一発処理型除草剤を使用しない除草体系とする必要があった。なお、現在は収穫 45 日前まで使用できるカルフェントラズンエチル・フルセトスルフロシド液剤、ピリメスルファン液剤などが生産・給与マニュアルが掲載され、2 回刈り直播栽培でも入水後(再入水後)に一発処理型除草剤が使用できる。

(3) 乾田直播栽培における雑草防除法

雑草抑圧力がきわめて強い 2 回刈り専用品種「ルリアオバ」(小荒井ら 2003, 2007)を利用することで 2 回刈り乾田直播栽培において、イネ出芽前に散布する非選択性除草剤と茎葉処理型除草剤との除草剤 2 回体系で雑草をほぼ完全に防除でき、1 番草収穫後の雑草防除は特に必要ないことを明らかにした(図-1, 小荒井ら 2011)。この雑草防除法は、入水後(再入水後)の湛水土壤処理型除草剤が使用できないという制限から考案された技術であるが、現在でも乾田期間の除草剤 2 回体系を基本とした省力・低コストな雑草防除法として有効な技術である。

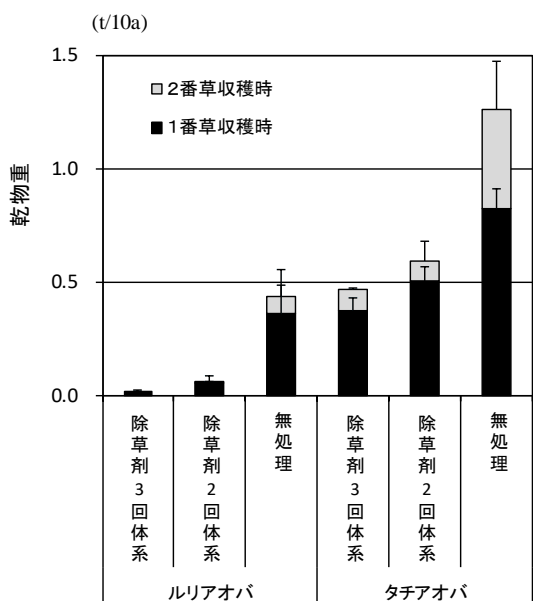


図-1 WCS用イネ2回刈り栽培における収穫時の雑草の生育

- 1) エラーバーは、標準偏差を示す。
- 2) 除草剤2回体系は、イネ出芽前に非選択性除草剤グリホサートカリウム塩液剤、入水前に茎葉処理型除草剤シハロホップブチル・ペンタゾン液剤、除草3回体系はさらに入水後に再度シハロホップブチル・ペンタゾン液剤を処理した。
- 3) WCS用イネは2009年5月12日に播種し、8月11日に1番草、10月14日に2番草を収穫した。
- 4) 試験は福岡県筑後市で実施した。

5. 一部の新規需要米品種は除草剤感受性が異なる

「ミズホチカラ」、「モミロマン」など 16 品種は、特定の除草成分(メソトリオン、ベンズピシクロン、テフリルトリオン)により、場合によっては枯死に至る強い薬害(白化症状)を引き起こす(小荒井ら 2010)。したがって、上記品種を作付けする場合は、メソトリオン、ベンズピシクロン、テフリルトリオンが含有する除草剤の使用は避けるように、除草剤を選択する。

6. 雑草のイネ WCS への混入が収穫物の品質に及ぼす影響

雑草を材料草とした場合の乾物率、繊維成分含量、単少糖含量および緩衝能は、草種によって異なる。そのため、雑草が混入したイネ WCS は、草種および混入率により、乾物率や繊維成分含量等が異なるため、収穫物の品質に大きな影響を及ぼすものと考えられる。

(1) 発酵品質への影響

乾物率の低いイボクサおよびタウコギがイネ WCS に 30%混入すると発酵品質が著しく低下し、家畜に給餌できなくなる(表-1)。また、イネ WCS のサイレージ発酵の品質を示す V-SCORE は、混入した雑草種にか

表-1 30%の混入により稲発酵粗飼料の発酵品質を低下させる雑草

| 草種 | 発酵品質 (V-SCORE) |
|-------------|----------------|
| 不良 (60点以下) | |
| イボクサ | 56 |
| タウコギ | 60 |
| 可 (60点~80点) | |
| コナギ | 70 |
| 良 (80点以上) | |
| ヤナギタデ | 86 |
| アメリカセンダングサ | 86 |
| ヒレタゴボウ | 87 |
| タカサブロウ | 88 |
| タマガヤツリ | 88 |
| クサネム | 91 |
| ミズガヤツリ | 92 |
| イヌホタルイ | 92 |
| ホソバヒメミソハギ | 94 |
| クログワイ | 95 |
| チョウジタデ | 96 |
| ヒメタイヌビエ | 97 |
| イネ[雑草混入なし] | 92 |

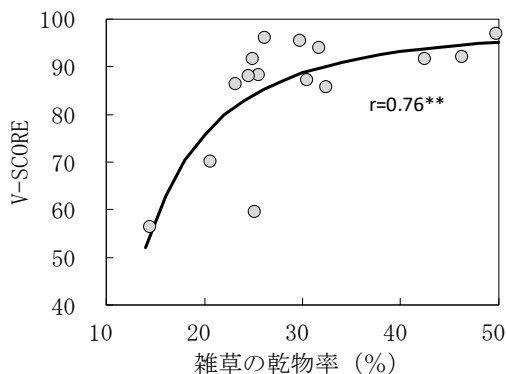


図-2 雑草の乾物率とその雑草が30%混入した稲WCSの発酵品質との関係

表-2 雑草が混入した稲発酵粗飼料の栄養品質

| 草種 | 雑草混入率 (%) | |
|------------|----------------|------|
| | 10 | 30 |
| | -TDN含量 (DM%) - | |
| クサネム | 45.5 | 47.7 |
| ホソバヒメミソハギ | 46.7 | 47.1 |
| チョウジタデ | 48.0 | 48.5 |
| ヒレタゴボウ | 49.4 | 44.7 |
| タマガヤツリ | 50.7 | 47.7 |
| タカサブロウ | 52.7 | 47.8 |
| コナギ | 50.7 | 47.9 |
| ヒメタイヌビエ | 51.0 | 47.9 |
| ヤナギタデ | 50.6 | 49.4 |
| タウコギ | 50.4 | 50.0 |
| イヌホタルイ | 54.7 | 50.5 |
| アメリカセンダングサ | 54.7 | 51.4 |
| ミズガヤツリ | 51.4 | 51.7 |
| クログワイ | 50.1 | 52.4 |
| イボクサ | - | 53.9 |
| イネ[雑草混入なし] | 53.3 | |

1) 網掛けは、イネと比較して5%水準で有意に5ポイント以上低下した区を示す。
2) -は、試験なし。

かわらず、雑草の乾物率との間に有意な正の相関関係が認められる(図-2, 小荒井ら 2007)。したがって、水分の多い雑草の混入が予想される場合、収穫体系はダイレクトカット体系を避け、水分調整ができる予乾体系で行うことが望ましい。

(2) 栄養価への影響

雑草が混入したイネ WCS の繊維成分含量からイネを含むイネ科作物に用いられる推定式を用いて可消化養分(TDN)含量を推定したところ、クサネム、ホソバヒメミソハギ、チョウジタデの10%の混入、ヒレタゴボウ、タマガヤツリ、タカサブロウ、コナギ、ヒメタイヌビエの

表-3 雑草およびイネの硝酸態窒素含量

| 草種 | 調査日 | |
|------------|---------------|-------|
| | 8月下旬 ~9月上旬 | 10月中旬 |
| | 硝酸態窒素含量 (ppm) | |
| イボクサ | 851 | 213 |
| | 2752 | 1979 |
| タカサブロウ | 5468 | 677 |
| | 5614 | - |
| アメリカセンダングサ | 5380 | 20> |
| | 694 | 272 |
| チョウジタデ | 573 | 45 |
| | 2406 | - |
| タマガヤツリ | 709 | 20> |
| コナギ | 462 | 43 |
| クサネム | 38 | 20> |
| ヒメタイヌビエ | 20> | 20> |
| イヌホタルイ | 20> | 20> |
| ミズガヤツリ | 20> | 20> |
| クログワイ | 20> | 20> |
| コウキヤガラ | 20> | 20> |
| ヤナギタデ | 20> | 20> |
| イネ | 20> | 20> |

1) -は、試験なし。
2) 上段は2004年、下段は2005年の値。
3) 網掛けは、許容水準値以上の数値を示す。

30%の混入で TDN 含量が有意に5ポイント以上に低下した(表-2, 小荒井ら 2007)。

(3) 安全性への影響

硝酸塩を多量に含んだ飼料を牛が摂取すると、中毒死や流産などのメヘモグロビン血症を引き起こす。そのため、飼料中の硝酸態窒素含量は、2000ppm(乾物中)以下(妊娠牛では1000ppm以下)が望ましいとされている。WCS用イネは、窒素を多量に施用した条件下でも、硝酸態窒素(硝酸塩)の蓄積がほとんどない作物のため(小林ら 2000)、多収を目的に家畜ふん堆肥を大量に投入する事例がある。しかし、イボクサは生育期間を通じて、タカサブロウ、アメリカセンダングサ、チョウジタデは夏季まで上記基準以上の硝酸態窒素を蓄積する(表-3, 小荒井ら 2007)。牧草の硝酸態窒素含量は、施肥条件、水管理などの栽培条件で変動することが知られているが(関村ら 1979)、これら雑草種においては、過度の追肥、収穫前の長期間の落水管理、前年の大豆の作付けによって硝酸態窒素が高まりやすい(小荒井ら 2009, 小荒井 2013)。WCS用イネ栽培では、大型収穫機による作業のため、早期

表-4 サイレージ発酵とその後の乳牛第一胃内でのルーメン発酵
処理が水田雑草種子の生死に及ぼす影響

| 草種 | サイレージ発酵期間 (日) | | | |
|------------|---------------|------|-------|-------|
| | 0 | 32 | 95 | 186 |
| | - 生存率 (%) - | | | |
| ヒメタイヌビエ | | | | |
| ルーメン発酵処理前 | 100.0 | 11.1 | 6.7 | 0.0 |
| ルーメン発酵処理後 | 96.7 | 0.0 | 0.0 | - |
| アメリカセンダングサ | | | | |
| ルーメン発酵処理前 | 100.0 | 2.6 | 0.0 | 0.0 |
| ルーメン発酵処理後 | 27.8 | 0.0 | - | - |
| イヌホタルイ | | | | |
| ルーメン発酵処理前 | 100.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| ルーメン発酵処理後 | 20.0 | - | - | - |
| クサネム (硬実) | | | | |
| ルーメン発酵処理前 | 100.0 | 98.8 | 100.0 | 100.0 |
| ルーメン発酵処理後 | 95.6 | 95.8 | 100.0 | 96.8 |

- 1) サイレージ発酵期間0日のルーメン発酵処理は、冷蔵風乾貯蔵した種子の結果を示す。
- 2) -は、ルーメン発酵前のサイレージ発酵によりすべての種子が死滅した区を示す。

に落水管理となることから、硝酸態窒素を蓄積しやすい雑草種が大量に残草した場合、硝酸態窒素含量が高い早期の収穫を避けること、および過度の追肥を避けることが望ましいと考えられる。

このように多くの水田雑草は、イネ WCS への混入により収穫物の品質に影響を及ぼすことから、WCS 用イネ栽培においても食用イネ栽培と同様の雑草管理が必要である。

7. イネ WCS への雑草種子の混入による種子伝播の懸念

飼料畑では雑草種子が混入した輸入飼料をウシに給与し、そのウシから排せつした牛ふんを材料とした堆肥の圃場への散布が、外来雑草の侵入・発生面積拡大の要因の一つだと推測されている(西田 2002)。したがって、水田においても水田雑草種子のイネ WCS 中への混入により雑草の発生が拡大する危険性が懸念される。

(1) サイレージ発酵による影響

非硬実の水田雑草種子は、約 3-6 か月のサイレージ発酵によってほとんど死滅する。一方、種皮が硬実の状態にあるクサネム種子は、サイレージ発酵ではほとんど死滅しない(表-4, 小荒井ら 2015)。したがっ

て、大量の非硬実の雑草種子が混入したイネ WCS が作成された場合、すぐに開封せず、3-6 か月の間、十分にサイレージ発酵させた後に開封、給与することが、雑草の発生拡大を防ぐためにきわめて重要である。

(2) ルーメン発酵による影響

飼料作物では、乾草中に混入した雑草種子は、ウシに摂食されても多くの種子が生存した状態で排せつされ、サイレージに混入した雑草種子はウシの摂食で死滅すること(山田・川口 1972; 高林ら 1978)が知られている。水田雑草種子でも乾燥状態にある場合はルーメン発酵による死滅効果はないが、サイレージ発酵後に生存していた種子はルーメン発酵により死滅する。一方、種皮が硬実の状態にあるクサネム種子に対するルーメン発酵による死滅効果はない(表-4, 小荒井ら 2017)。

(3) 堆肥化による影響

雑草種子の死滅には、堆肥の一次発酵過程における温度上昇が有効とされるが(Nishida, T. *et al.* 2002), 種皮が硬く、透水性のない硬実のクサネム種子は外的環境要因に対して影響を受けにくい性質を有しているものと推察された。実際、アメリカセンダングサ種子は稲わら中では 50°C で 24 時間の加熱によりすべて死滅するのに対し、クサネム種子は、60°C の加熱処理によ

りすべて死滅させるには 15 日間要した。温度が一定ではない稲わら石灰窒素堆肥内では、クサネムを除く主要水田雑草種子は、最初の切り返しまでにすべて死滅したのに対し、クサネム種子は複数回切り返しを行い、60℃以上を長く維持することで、すべての種子が死滅する(小荒井ら 2012)。したがって、クサネム種子の混入が予想される材料で堆肥を作成する際は、一次発酵の期間を十分取り、入念に発酵を行う必要があると推察された。

このようにサイレージ調製・給与および堆肥作成の過程で硬実のクサネム種子を死滅させることは、なかなか容易ではない。したがって、収穫物に混入しないようにクサネムの防除に努めることが肝要と考えられる。

8. おわりに

WCS 用イネ栽培や飼料用米栽培では、収穫等の作業時に相当量の籾が圃場内に落下する。休眠性の浅い品種は、年内に発芽して冬季の寒さによって死滅するが、休眠性の深い品種では、落下した籾の多くは次年度に発芽してくる。したがって、次年度に食用イネを栽培する場合、飼料用イネ品種の多発生による雑草害や収穫物への籾の混入による検査等級の低下が懸念される。後作を食用イネ移植栽培とした場合の漏生イネ対策については、すでに開発されているが(大平 2014, 2015a)、食用イネ直播栽培とした場合については今後の研究が待たれている状況である。また、石灰窒素散布による漏生イネの発生低減技術の開発も取り組まれており(大平 2015b)、今後の研究の進展が期待される。

引用文献

Koarai, A. and H. Morita 2003. Evaluation of the suppression ability of rice (*Oryza sativa*) on *Monochoria vaginalis* by measuring photosynthetic photon flux density below rice canopy. Weed Biol. Man. 3, 172-178.

小荒井晃ら 2003. 粗飼料用イネ移植栽培におけるヒメタイヌビエの生育に及ぼすイネ品種の影響. 雑草研究 48, 222-234.

小荒井晃ら 2005. 飼料用イネ湛水直播栽培におけるイ

ネの雑草抑制力の評価とピラゾレート粒剤との組み合わせによる除草効果. 雑草研究 50(別), 102-103.

小荒井晃ら 2007. 暖地飼料イネ栽培における除草剤を使用しない雑草管理技術の開発. 「新鮮でおいしい「ブランド・ニッポン」農産物提供のための総合研究3系」, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京, pp. 172-175.

小荒井晃ら 2009. 飼料イネサイレージへの混入が問題となる硝酸態窒素含量が高い雑草と硝酸態窒素含量が高くなる栽培要因. 雑草研究 54(別), 56.

小荒井晃ら 2010. 暖地における飼料用イネ品種の除草剤感受性. 日暖畜報 53, 183-192.

小荒井晃ら 2011. 「ルリアオバ」による飼料用イネ2回刈り乾田直播栽培における雑草防除体系. 日暖畜報 54, 177-188.

小荒井晃ら 2012. クサネム種子の死滅に及ぼす温度および湿度条件の影響. 雑草研究 57(別), 74.

小荒井晃 2013. 発酵粗飼料用稲省力化栽培における有毒・有害雑草の効率的防除および拡散防止技術の開発. 「粗飼料多給による家畜飼養技術の開発—4系 地域先導技術の実証・解析—」, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京, pp. 143-148.

小荒井晃ら 2015. 稲発酵粗飼料のサイレージ発酵が主要水田雑草種子の死滅に及ぼす影響. 雑草研究 60, 93-100.

小荒井晃ら 2016. 飼料用稲一麦の省力栽培に対応した効率的雑草防除法の開発. 「低コスト・省力化, 軽労化技術等の開発—自給飼料を基盤とした国産畜産物の高付加価値化技術の開発(飼料生産)—」, 農林水産省農林水産技術会議事務局, 東京, pp. 66-71.

小荒井晃ら 2017. 乳牛のルーメン発酵が主要水田雑草種子の生死に及ぼす影響. 日暖畜報 60, 139-143.

小林良次ら 2000. ポット栽培における飼料イネの硝酸態窒素蓄積量. 日草九支報 30(2), 4-6.

西田智子 2002. 飼料畑・草地における外来雑草の侵

入一外来雑草の飼料畑・草地への侵入と蔓延.
日草誌 48, 168-176.

Nishida, T. *et al.* 2002. Effect of temperature and retention time in cattle slurry on weed seed viability. *Grassland Sci.* 48, 340-345.

農研機構九州沖縄農業研究センター 2011. 「稲発酵粗飼料品種「ルリアオバ」の 2 回刈り栽培マニュアル」, 農研機構九州沖縄農業研究センター, 合志, pp. 1-37.

大平陽一 2014. II-2-(5) 漏生イネ対策. 「稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル<第 6 版>」, 日本草地畜産種子協会, 東京, pp. 53-60.

大平陽一 2015a. 2-(8) 落下種子対策. 「飼料用米の

生産・給与技術マニュアル<2015 年度版>」, 農研機構, つくば, pp. 58-63.

大平陽一 2015b. 石灰窒素施用による漏生イネの発生低減・苗立ちに及ぼす影響. *植調* 49, 223-226.

関村栄ら 1979. 寒地型イネ科牧草における硝酸集積に関する研究. *東北農試研報* 61, 77-95.

高林実ら 1978. 牛の採食による雑草種子の伝播に関する研究. *農事試研報* 27, 69-91.

山田豊一・川口俊春 1972. 家畜の排糞による牧草播種 第 2 報 乳牛に給与された牧草種子の糞中排出と排出種子の発芽および出芽. *日草誌* 23, 8-15.

コラム

信州そば

長野と言えば「信州そば」。新そばの季節になると、そばが食べたくなりますね。最近では、セルフうどん店を模した、そばのチェーンが展開したり、そば専作の法人ができたりと新たな動きもあります。しかし、ここ 5 年ほど、そばの不作が続いており、深刻な状況です。作期の天候不順が要因ですが、29 年は収穫期の長雨で、どうしようもない状況でした。対策としては、春播きの導入で作期分散等を考えていますが、信州産の信州そばが食べられるよう、知恵を絞っていききたいですね。

上原 泰(長野県)

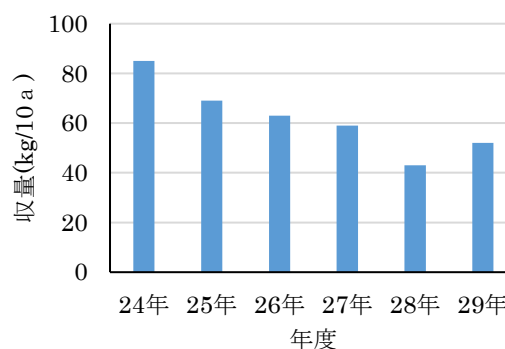


図 そばの 10 a あたり収穫量 (長野県)
農林統計より作図