

トウモロコシサイレージの かび毒汚染を防ぐための対策 ～ デオキシニバレノール (DON) を例として ～



平成 27 年 3 月

一般社団法人 日本科学飼料協会

一般財団法人 日本食品分析センター

目 次

○ はじめに	1
1. かびとかび毒とは	2
2. トウモロコシサイレージとかび毒	3
3. かび毒防止の対策のポイント	6
(1) トウモロコシの品種選定	6
(2) トウモロコシの栽培時	7
(3) トウモロコシの収穫時	9
(4) サイレージの調製・保管時	10
参考1：適切な採取方法と分析方法	12
1. 分析試料の採取方法	12
2. かび毒の分析法	14
参考2：生産管理チェックシート	15

はじめに

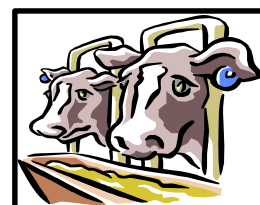
我が国では、牛用の自給飼料として「トウモロコシサイレージ」が利用されています。

トウモロコシサイレージとは、飼料用トウモロコシ（青刈りしたトウモロコシの子実と茎葉全体）を密封保存して乳酸発酵させたものので、栄養価が高く、長期保存も可能な優れた自給飼料です。



しかし、飼料用トウモロコシの栽培・調製・貯蔵等の各段階で適切な管理ができていないと、家畜や人の健康に有害な影響を与える「かび毒」が作られる場合があります。

そこで、このパンフレットでは、農林水産省の「平成26年度食の安全・消費者の信頼確保対策事業」を活用し、（独）農業・食品産業技術総合研究機構の畜産草地研究所と動物衛生研究所、また、（地独）北海道立総合研究機構農業研究本部の畜産試験場の専門家の協力を得て、トウモロコシサイレージから国内でも高頻度で検出されるかび毒のひとつである「デオキシニバレノール（以下「DON」という）」を例に、現時点で収集できた科学的な知見やデータから、DON 以外のかび毒にも活用可能な、トウモロコシサイレージのかび毒汚染を防ぐための対策を紹介します。



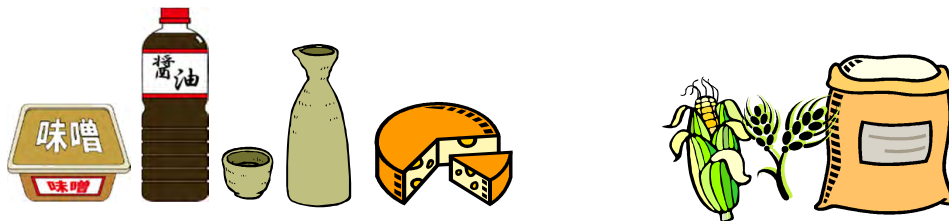
トウモロコシサイレージのかび毒の汚染を防ぐためには
「栽培から牛への給与まで」の適切な管理が重要！

1. かびとかび毒とは

● かびとは？

かび（真菌）は、湿った浴室に繁殖する黒かびや、餅やパンなどに生える青かびで知られています。かびが付着した食品や飼料に少しでも養分や水分があれば旺盛に増殖します。

一部のかびは味噌、醤油、日本酒、チーズ、医薬品などの製造に有効利用されますが、一方で、食品や飼料中で増殖し、これらを腐敗させたり、かび毒を作ったりするかびもあります。



● かび毒とは？

かび毒とは、かびが作る化学物質のうち、人や家畜の健康に有害な影響を与えるものを言います。

かびが生えた部分にかび毒が存在することが多いですが、一見かびが生えていないように見える部分にもかび毒が存在する場合もあります。

また、同じ容器の中でも、かび毒が均一に存在せず、一部に非常に多くのかび毒が存在する場合もあります。

2. トウモロコシサイレージとかび毒

● トウモロコシサイレージに含まれるかび毒は？

栽培・調製・貯蔵等の各段階で、不適切な管理がされた飼料用トウモロコシは、次ページの表1で示したような様々な種類のかび毒に汚染される可能性が高いことがわかっています。

このパンフレットでは、DON などを作る赤かび病菌の仲間による汚染を防ぐための対策を紹介します。

赤かび病菌は、トウモロコシや麦類の赤かび病の原因菌として古くから知られており、赤かび病菌から作られるかび毒は、トウモロコシサイレージのほか、国内で栽培される作物も汚染することが知られています。



赤かび病菌に感染したトウモロコシ^(※) (左) 及び正常なトウモロコシ(右)
(※) 雌穂中腹部に赤かび病菌を爪楊枝で接種したもの

表1 赤かび病菌が作るかび毒と家畜への影響

かび毒	家畜に対する主な影響
デオキシニバレノール (DON) ニバレノール (NIV)	消化器障害 (嘔吐、食欲低下、下痢等)、 免疫機能障害など
ゼアラレノン	繁殖障害 (流産、不妊等) など
フモニシン	白質脳軟化症 (馬)、肺水腫 (豚) など

● かび毒が家畜へ与える影響は？

多くのかび毒は、豚で強い有害作用を示すことが知られています。一方、牛は、反すう胃 (ルーメン) の機能により、DON などのかび毒の一部が分解されることが知られており、他の家畜に比べ、かび毒の影響を受けにくいとされています。しかし、多量のかび毒が蓄積すれば牛でも表1と同様な影響が現れることになりかねません。

なお、いずれの家畜についても、国内では、これまでのところ飼料に含まれるかび毒が原因で家畜に健康被害があったと報告された事例はありません。しかし、農作物等の栽培、調製、貯蔵等の各段階での汚染防止対策を適切に行い、かび毒の含有レベルをできるだけ低く抑えることが、家畜や人の健康を保護する上で大変重要となります。

● 変敗した飼料が家畜へ与える影響は？

かび毒を生ずるかびであるかどうかに限らず、かびが増殖した飼料は、栄養価値が低下することがわかっています。

かびが生えることで味やにおいが悪くなると家畜の嗜好性が落ちて飼料効率が悪くなり、急な食欲不振が起こるとそれ自体で家畜の健康が損なわれます。

また、変敗した飼料ではさらに細菌などの微生物が増殖すること

があり、有害な影響が起こる可能性があります。

このため、かび毒による被害を未然に防ぐためには、かびの生育を防ぐことが大切です。次ページからは、現時点で収集できた科学的な知見やデータから、DON を例として、トウモロコシサイレー
ジのかび毒汚染を防ぐための対策を紹介します。

なお、本対策は、基本的には、DON 以外のかび毒にも活用可能です。



3. かび毒防止の対策のポイント

(1) トウモロコシの品種選定

DON などを作るかび（赤かび病菌）は、ほ場でトウモロコシの植物全体に感染します。かび毒汚染リスクを減らすために、以下のような品種を選びましょう。

● 子実（実）の先が露出しにくい品種を選びましょう

子実の先が包葉から露出していると、その部分を虫や鳥が食害し、そこから赤かび病菌が侵入しやすくなります。このため、子実の先端が包葉から露出しにくい品種を選定しましょう。



先端露出したトウモロコシ

● 倒れにくい品種を選びましょう

栽培中にトウモロコシの植物体が倒れると、蒸れてかびが増殖しやすくなり、DON の含有量が増加するリスクが高まります。このため、倒れにくい品種を選定しましょう。

このような品種を選定する場合には、種苗会社などにお問い合わせください。

(2) トウモロコシの栽培時

赤かび病菌は、ほ場の常在菌であるため、トウモロコシの栽培環境から完全に取り除くことはできません。このため、感染源をできるだけ減らし、かび毒汚染リスクを高める要因を除去するために、以下の対策をとりましょう。

● ほ場から収穫残さを取り除きましょう

赤かび病菌は、作物の収穫残さ等に付着・生育して越冬し、次に栽培する作物を汚染します。

このため、前作でトウモロコシや麦類を栽培したほ場では、できる限り収穫残さを取り除いたり、土壌中にすき込んだりしましょう。

● 適正な栽植本数を守りましょう

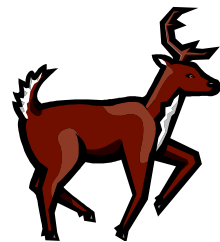
北海道などの高緯度地方で普及している密植栽培は、栽植本数が多すぎると倒れやすくなります。倒伏すると、蒸れてかびが増殖しやすくなり、DONの含有量が増加するリスクが高まります。

このため、地域、品種ごとに推奨されている栽植密度を守りましょう。

● 電気柵等で野生動物による被害を防止しましょう

鹿などの野生動物の食害により子実に傷ができると、傷口から赤かび病菌が侵入しやすくなります。

このため、電気柵等を設置して野生動物の侵入を防ぐことが重要です。



ここまで紹介した品種の選定や栽培管理上での対策を万全に講じたとしても、赤かび病菌の感染を完全に防ぐことはできません。
次ページからは、赤かび病菌に感染したトウモロコシ中のDON含有レベルを可能な限り低く抑えるために行うべき対策を紹介します。



(3) トウモロコシの収穫時

赤かび病菌に感染すると、DONは乳熟期頃から植物体全体で蓄積され始め、生育ステージが進むにつれて含有量は増加するので、以下の適期に収穫しましょう。

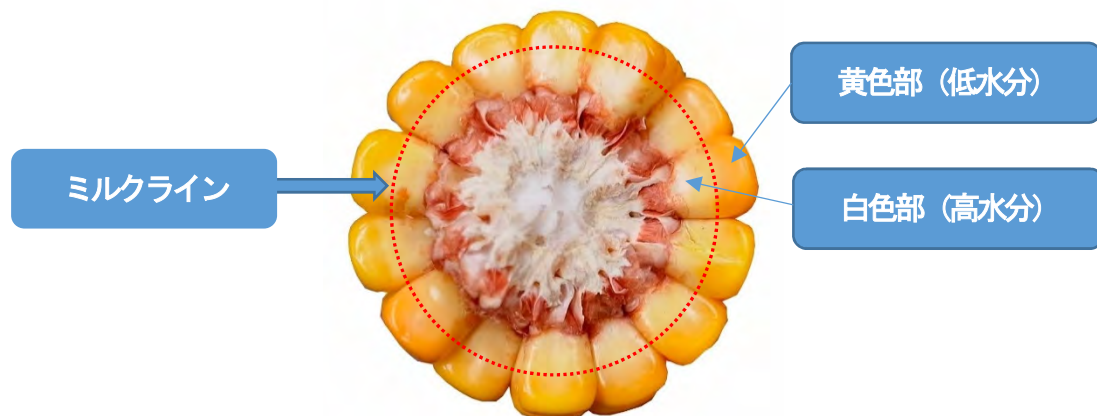
● 黄熟期に収穫しましょう

DON含有量は、刈り遅れると増加する危険性があります。

このため、収穫適期である黄熟期に収穫することが重要です。黄熟期は、以下のミルクラインにより判定できます。

表2 トウモロコシの生育ステージ

時期	出穂期	開花期	乳熟期	糊熟期	黄熟期	完熟期
特徴	穂が出揃う	花が咲く	実が大きくなり始める	粒が黄色くなり始める	実の表面がくぼみ始める	実が完全に硬くなる
実の状態	—	—	ミルク状の液が出る	つきたての餅状	やっつくぼむ程度	全く爪がたたない



トウモロコシの黄熟期の確認方法

トウモロコシを半分に折り、先端側の断面を観察する。

.....をミルクラインと言い、白色と黄色が1/2となった時期が黄熟期

(4) サイレージの調製・保管時

サイロの密封が不十分であったり、サイレージ開封後に空気にさらされて二次的に赤かび病菌に汚染されると、サイレージ内で DON の含有量が増加する可能性があります。このため、収穫後に、サイロやロールベール内で DON を増やさないう、以下の対策をとりましょう。

● 十分に踏圧し、速やかに完全密封しましょう

バンカーサイロは、十分な踏圧により空気（酸素）を追い出し、速やかに密封することが重要です。

ロールベールは、成型・密封後、変形させないよう、ていねいに取り扱うことが重要です。

● サイレージ取り出し後は、速やかにシートをかけて覆いましょう

バンカーサイロでは、開封後の取り出し面から、空気や赤かび病菌が侵入し、DON の含有量が増える危険性があります。

このため、サイレージの取り出し後は、速やかにシートで覆い、サイロ内への空気の流入を防ぐことが重要です。

また、野生動物等を誘引しないようにサイロやロールベールの保管場所の周辺にサイレージの残さを残さないよう注意しましょう。

● 屋外でロールベールを保管する場合は、野生動物等からの被害を防ぎましょう

ほ場等の土壌の上でロールベールを保管すると、土壌との接触部位で野ネズミ等からの被害を受けます。このため、ロールベールはコンクリートの上に保管しましょう。網目 1cm 以下の金網を敷くことでも被害を防ぐことができます。

屋外で保管する場合は、ロールベールの間隔を開けて並べると、野ネズミ等による被害を軽減する効果があります。ロールベールは 50cm 程度の間隔を開け、広々と配置しましょう。

鳥害対策としてはテグスの設置が有効です。ロールベールの上 50cm の高さに 50cm 間隔で張ると高い効果が得られます。

また、野ネズミ等の被害により、ロールベールに穴が開いた場合は、破損個所を早期に補修しましょう。



広々と配置したトウモロコシサイレージのロールベール

(参考1) 適切な採取方法と分析方法

ご自身で作られているトウモロコシサイレージ中のかび毒の含有レベル（濃度）を知りたい場合は、以下の「分析試料の採取方法」や「かび毒の分析方法」を参考に、信頼性の高い受託分析機関に依頼してください。



1. 分析試料の採取方法

分析試料を採取する場合は、分析結果がサイレージ全体でのかび毒濃度を表せるよう、適切な採取方法を用いることが重要です。特に、かび毒のように、同じ容器の中で均一に存在しない可能性が高い物質は、サイレージのどの部分を採取するかが重要なポイントとなります。

次ページに、トウモロコシサイレージの採取方法の一例を①バンカーサイロ・地下式サイロ及び②ロールベールに分けて示しましたので、参考にしてください。

なお、採取した試料は、速やかに冷蔵又は冷凍の宅配便等で分析機関に送付してください。

①バンカーサイロ・地下式サイロ

下図の赤丸9か所の表層を10cm程度除去し、スコップ等を用いて100g以上を等量ずつビニール袋等に採取し、合計1kg以上とします。



バンカーサイロ



地下式サイロ

②ロールベール

分析したい未開封のロールを1つ選び、市販のドリル式コアサンプラー（フィードサンプラー）を用いて採取します。

高さ・方向を変えながら、次ページの図の赤丸5か所より等量ずつビニール袋等に採取し、合計1kg以上とします。



ドリル式コアサンプラー



赤丸が採取予定箇所
(裏に2か所あり)



コアサンプラーによるサンプリング

2. かび毒の分析方法

かび毒の分析方法には、液体クロマトグラフィー質量分析計（LC-MS/MS）などを用いた機器分析やエライザ（ELISA）キットを用いた簡易分析があります。

ELISA キットを用いた簡易分析は、機器分析と比べると、多くの試料を安価で、短時間に分析できるという利点があります。

しかし、トウモロコシサイレージには、かび毒の分析を阻害する有機酸が含まれるため、穀物用のELISA キットを用いると、偽陽性（かび毒が存在しなくても陽性）となる場合があります。

詳しくは動物衛生研究所のホームページ（http://www.naro.affrc.go.jp/org/niah/disease_poisoning/manual/myco-elisa.html）を確認してください。

（参考 2）生産管理チェックシート

パンフレットの本文（特に6～11 ページ）を読んでから、ご自身の取組み状況をチェックしてください。

《栽培から収穫まで》

チェック欄

①子実（実）の先が露出しにくい品種や倒れにくい品種を選定しましたか。	
②前年（前作）にトウモロコシ・麦類を栽培したほ場から、できる限り、収穫残さを取り除きましたか。	
③地域、品種ごとに推奨されている栽植本数を守りましたか。	
④電気柵等を設置して、野生動物等による被害を防ぎましたか。	
⑤収穫適期（黄熟期）に収穫しましたか。	

《サイレージの調製から保管まで》

チェック欄

①バンカーサイロは、踏圧を十分に行い、空気を追い出しましたか。	
②ロールベールは、確実な密封をしましたか。	
③サイレージ取り出し後は、速やかにシートで覆い、サイロ内への空気の流入を防ぎましたか。	
④ロールベールを保管する時は、コンクリートの上で保管するなど、野生動物等による被害を防ぎましたか。	
⑤ロールベールを保管する時は、ベール同士の間を 50cm 以上空けましたか。	
⑥ロールベールに穴が開いた時は、すぐに補修していますか。	