

# 県内産とうもろこし (*Zea mays* L.) サイレージの養分濃度の実態

有野陽子・水流正裕・小林富雄・後藤和美

## The Actual Situation of Nutrient Concentration on Corn

### (*Zea mays* L.) Silage in NAGANO

Yoko ARINO, Masahiro TSURU, Tomio KOBAYASHI, Kazumi GOTO

**要約** 2013年および2014年に自給飼料共励会に出品されたとうもろこしサイレージ96点のミネラル成分および硝酸態窒素濃度を測定した。ミネラル成分についてはすべての成分で最小値と最大値の開きが3倍以上で農家間差が大きく、成分表値とかけ離れたサイレージが存在した。K濃度が高く、K/(Ca+Mg)当量比が基準値を超えたサイレージが13%存在し、Caを除きすべて成分で地域間差が認められた。硝酸態窒素濃度については、基準値を超えたサイレージは存在しなかったが、地域間差が認められた。

**キーワード**：硝酸態窒素濃度，地域間差異，とうもろこしサイレージ，ミネラル成分

飼料作物栽培では、窒素肥料を必要以上に施用すると硝酸態窒素が植物体中に過剰に蓄積され、またカリウムの施用量を高めるとカルシウムやマグネシウム等の吸収が抑制され、ミネラルバランスが崩れた飼料となる。このような飼料を家畜へ給与すると急性または慢性疾病を引き起こす原因となる（自給飼料利用研究会編 2009）。

一般に、自給飼料生産ほ場では他の耕種部門のほ場と比較して家畜ふん堆肥が長期間連用される傾向にあり、飼料中の硝酸態窒素過剰やミネラルバランスへの影響が懸念される（川端・宮松 1983；反町・三井 1988；中岡ら 1993；水上ら 1998；原田ら 1998；水流ら 2008）。

そこで自給飼料の代表的な作物として県内で栽培面積の多い飼料用とうもろこし (*Zea mays* L.) について、調製したサイレージのミネラルバランスおよび硝酸態濃度の実態を調査した。

#### 材料および方法

調査したサイレージは2013年および2014年に自給

飼料共励会に出品されたとうもろこしサイレージのうち、当年に栽培・調製し、冬期間に開封したものを対象とした。調査点数は、2カ年合計で96点、地域別の内訳は佐久：9点、諏訪：7点、上伊那：27点、下伊那：9点、松本：33点、長野：5点、北信：6点であった。このうち同一生産者が両年とも出品したサイレージは50点であった。

分析に供したサイレージは、70℃、72時間乾燥した後、0.5mmに粉砕した。粉砕サンプルは乾式灰化後、CaおよびMgは原子吸光法で、Kは炎光光度法で測定し、硝酸態窒素濃度はリン酸緩衝液で抽出後、イオンクロマト法で測定した（作物分析法委員会 1975；植物栄養実験法編集委員会 1990）。

#### 結果

ミネラルおよび硝酸態窒素濃度の基本統計量を表1に示した。とうもろこしサイレージ96点の各成分の平均値と日本標準飼料成分表値（以下、成分表値）と

の差は小さかった。しかしデータのばらつきが大きく、すべての成分で最大値と最小値の開きが3倍以上あり、成分表値とかけ離れたサイレージが存在した。同一生産者の年次間の相関係数は、Ca および硝酸態窒素濃度を除くすべての成分で有意となり、農家間に差があると考えられた。一方、硝酸態窒素濃度には相関がなく、農家間の差はないものと考えられた。とうもろこしサイレージのP、KおよびCa濃度の分布は、3成分とも単峰性で、右裾を引く形となった。各成分とも成分表値付近のサイレージが多かったものの、CaやP濃度の低いサイレージやK濃度が高いサイレージが散見された(図1)。

とうもろこしサイレージのK濃度とK/(Ca+Mg)当量比および硝酸態窒素濃度の関係を図2に示した。K濃度は0.9~3.2%、K/(Ca+Mg)当量比は1.0~3.2%、硝酸態窒素濃度は0~0.19%の範囲に分布し、K濃度とK/(Ca+Mg)当量比および硝酸態窒素濃度には正の相関が認められた。

K/(Ca+Mg)当量比は、全サンプルのうち13%のサイレージが基準値(2.2以下:草地試1988)を超えたが、硝酸態窒素濃度はすべてのサンプルで基準値(0.2%以下:草地試1988)以下であった。Ca濃度をくすべてのミネラル成分およびK/(Ca+Mg)当量比は1%水準で有意となり、地域間で差があるものと考えられた(表2)。

長野および下伊那地域は他の地域に比較してP、K濃度が高く、K/(Ca+Mg)当量比の平均値は両地域とも基準値(2.2以下)を超えた。硝酸態窒素濃度についても北信および上伊那地域が佐久、松本および長野地域のサイレージと比較して有意に高かった(表3)。

表1 ミネラルおよび硝酸態窒素濃度の基本統計量<sup>1)</sup>

	P (%DM)	K (%DM)	Ca (%DM)	Mg (%DM)	K/(Ca+Mg) 当量比	硝酸態窒素 (%/DM)
平均値	0.23	1.54	0.22	0.15	1.74	0.04
標準偏差	0.07	0.40	0.08	0.04	0.46	0.04
中央値	0.22	1.49	0.20	0.15	1.69	0.02
最小値	0.08	0.89	0.08	0.09	1.02	0
最大値	0.45	3.15	0.59	0.32	3.22	0.19
最大値/最小値	5.48	3.55	7.64	3.70	3.15	—
成分表値 <sup>2)</sup>	0.25	1.65	0.24	0.13	—	—
年次比較 <sup>3)</sup>	0.59 **	0.49 **	0.16 ns	0.57 **	0.51 **	0 ns

<sup>1)</sup> 2013年および2014年の平均値を示す。

<sup>2)</sup> 日本標準飼料成分表(2009年版)から抜粋した。

<sup>3)</sup> 両年とも調査対象となった同一生産者のサイレージ(n=25)の両年次間の相関(ピアソンの相関係数)を示す。

\*\* : p < 0.01, ns : p ≥ 0.05

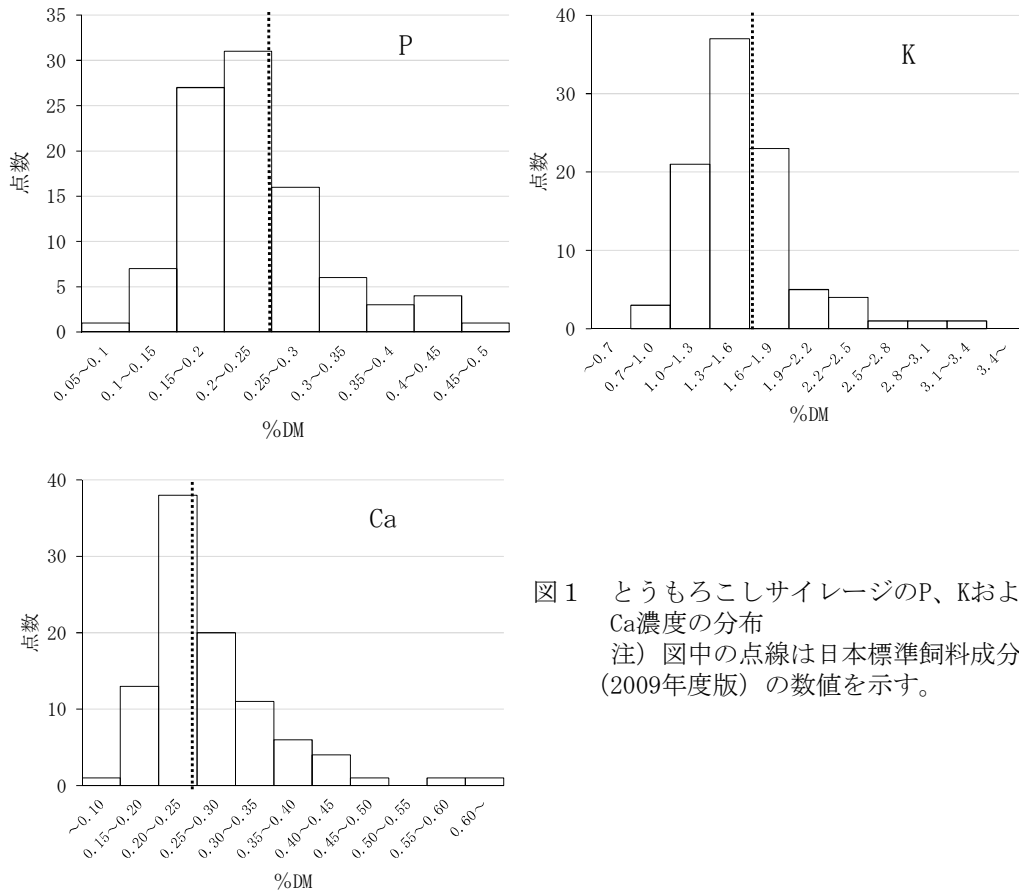


図1 とうもろこしサイレージのP、KおよびCa濃度の分布  
 注) 図中の点線は日本標準飼料成分表(2009年度版)の数値を示す。

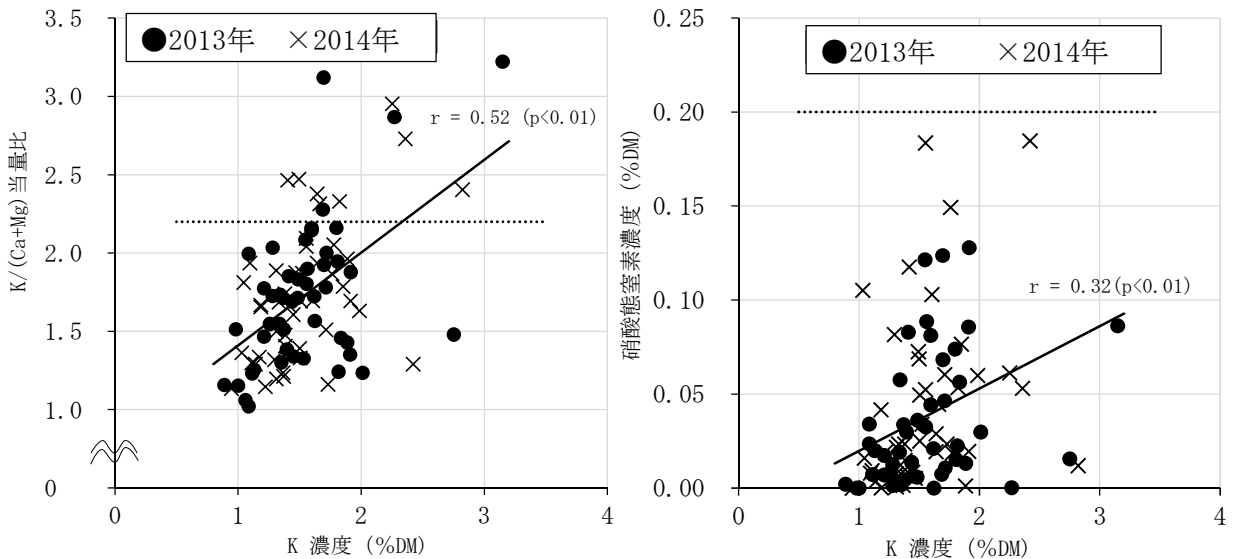


図2 とうもろこしサイレージのK濃度とK/(Ca+Mg)当量比および硝酸態窒素濃度の関係  
 注) 点線は基準値を示す。  
 K/(Ca+Mg)当量比：2.2以下(草地試1988)  
 硝酸態窒素濃度：0.2%DM以下(草地試1988)

表2 地域と年次を要因として統計解析した場合の分散分析結果

要因	自由度	P濃度	K濃度	Ca濃度	Mg濃度	K/(Ca+Mg) 当量比	硝酸態窒素 濃度
地域(A)	6	**	**		**	**	**
年次(B)	1	ns	ns	ns	ns	ns	ns
A×B	6	**	ns	ns	ns	ns	ns

\*\* :  $p < 0.01$ , ns :  $p \geq 0.05$ 

表3 ミネラルおよび硝酸態窒素濃度の地域間差異

成分表値	佐久	諏訪	上伊那	下伊那	松本	長野	北信	
調査点数(点)	9(8)	7(5)	27(18)	9(7)	33(25)	5(4)	6(4)	
P (%DM)	0.25	0.22	0.19	0.20	0.29	0.22	0.36	0.24
K (%DM)	1.65	1.41 <sup>d</sup>	1.34 <sup>d</sup>	1.51 <sup>cd</sup>	1.83 <sup>bc</sup>	1.40 <sup>d</sup>	2.23 <sup>a</sup>	1.90 <sup>ab</sup>
Ca (%DM)	0.24	0.27	0.27	0.20	0.18	0.21	0.26	0.25
Mg (%DM)	0.13	0.14 <sup>bc</sup>	0.13 <sup>c</sup>	0.17 <sup>ab</sup>	0.15 <sup>bc</sup>	0.14 <sup>c</sup>	0.16 <sup>ab</sup>	0.19 <sup>a</sup>
K/(Ca+Mg)当量比	-	1.54 <sup>b</sup>	1.44 <sup>b</sup>	1.66 <sup>b</sup>	2.26 <sup>a</sup>	1.68 <sup>b</sup>	2.30 <sup>a</sup>	1.79 <sup>b</sup>
硝酸態窒素 (%DM)	-	0.02 <sup>b</sup>	0.04 <sup>ab</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.04 <sup>ab</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.08 <sup>a</sup>

数字は2カ年の平均値を示す。

調査点数のカッコは農家数を示す。

横列の異符号は5%水準で有意差が認められる。

## 考 察

硝酸態窒素濃度は0.2%を超えたサイレージはなく、すべて基準値内であった。とうもろこしの硝酸態窒素の蓄積について原田ら(1996)は、とうもろこし中の硝酸態窒素は子実にはほとんど含まれず、大部分が茎に蓄積するため、多窒素条件下であっても子実が充実する黄熟期に収穫することで、硝酸態窒素濃度を0.2%以下にできると報告している。今回の試験で供したサイレージは自給飼料共励会に出品されたもので、出品に際して、播種・収穫時期、収穫ステージ、栽培品種等を記載した申請書が農家から提出される。申請書に記載されている収穫ステージは約80%のサイレージが黄熟期と回答されており、糊熟期以前の早いステージで収穫を行ったサイレージがほとんどなく、これが硝酸態窒素濃度を基準値内にとどめた原因と考えられ、原田らの報告(1996)を裏付ける結果となった。本試験の結果から、とうもろこしサイレージの硝酸態窒素に関しては、適期刈り取りを行えば、利用上問題はないと考えられる。

ミネラルに関しては、平均値と成分表値との差は小さかったがデータのばらつきが大きく、すべての成分で最大値と最小値の開きが3倍以上となり、CaやP濃度の低いサイレージやK濃度が高いサイレージが散見された。本試験の結果と全国規模で調査した須永ら(2006)の報告と比較するとP、K、Ca、MgおよびK/(Ca+Mg)当量比の平均値はほぼ同値で、最小値と最大値の開きも今回の成績とほぼ一致する結果となり、県内産サイレージのミネラル成分はほぼ全国の成分値と同様の傾向があるものと考えられた。Ca、P、Mgは乳牛の飼養上重要な役割を果たしている栄養素である一方、Kについては、家畜ふん堆肥の自給飼料畑へ長期間連用の影響から自給飼料中のK濃度が高まり、乳牛がKを過剰摂取せざるをえない状況となっている指摘がある(久米1998)。さらに最近の高秘乳牛の飼養管理法としてミネラル濃度やミネラルバランスのコントロールが重要な関心事項となっており、自給飼料のミネラルバランスの指標としてK/(Ca+Mg)当量比の低い飼料(農林水産省草地試験場1988)やアニオン・カチ

オンバランス (DCAD) の調整を目的とした低 K 濃度の粗飼料の給与が提唱されている (久米 1998)。また、本試験の結果ではミネラル成分に関しては農家間差および地域間差が認められた。この結果は、堆肥の施用を含めた長年の肥培管理が農家や地域により異なることが一因と考えられる。以上、データのばらつき、飼養管理上の重要性等を踏まえると、とうもろこしサイレージのミネラルは、定期的に成分分析を行った上で利用が望ましいと考えられる。

ミネラル成分、K/(Ca+Mg) 当量比および硝酸態窒素濃度では地域間に差が認められた。我が国の畜産業は、海外からの購入飼料に対する依存が高く、また、経営体の大規模化に伴い、家畜の飼養頭数とそれを還元できる農地面積のバランスが崩れ、過剰となった家畜排泄物をリサイクルすることが困難になっている地域と、農地面積に対して家畜の飼養頭数が少ない地域が存在し、家畜排泄物は地域的に偏在していることが、以前から指摘されている (築城、原田 2002)。この偏在性については、長野県内の地域間でも存在することが考えられ、K 濃度および K/(Ca+Mg) 当量比が高かった長野、下伊那地域では単位面積あたりの農地に多くの家畜ふん堆肥が投入されていることが推察される。このような地域では、耕畜連携による地域内で堆肥を還元できる体制を構築するとともに、堆肥還元量の少ない地域への堆肥の流通等の対策を講ずる必要があると考えられる。

## 引用文献

- 原田久富美・須永義人・畠中哲也. 2001. トウモロコシ (*Zea mays* L.) の養分濃度の品種間差異. 日本草地学会誌, 47:289-295.
- 自給飼料利用研究会編. 2009. 三訂版 粗飼料の品質評価ガイドブック. 123-128. 日本草地種子協会. 東京.
- 川端智雄・宮松一夫. 1983. 液状きゅう肥の施用が転換畑飼料作物の生育及び無機成分組成に及ぼす影響. 福井県農業試験場研究報告, 20:39-51.
- 久米新一. 1998. 乳牛のカリウム代謝、カチオン・アニオンバランスと乳熱予防. 畜産の研究, 52:58-62.
- 久米新一. 1998. 乳牛のカリウム代謝、カチオン・アニオンバランスと乳熱予防(2). 畜産の研究, 52:61-66.
- 水上優子・神戸三智雄・法邑 勲・深谷勝正. 1998. 家畜ふん尿の多量施用による夏作飼料作物 (ソルガム、スーダングラス、ギニアグラス) の生育と硝酸態窒素濃度. 愛知県農業総合試験場研究報告, 30:63-70.
- 中岡道明・宮下泰人・鈴木英男. 1993. 飼料作物に対する牛ふんの施肥技術に関する試験. 神奈川県畜産試験場研究報告, 83:43-63.
- 農林水産省草地試験場. 1988. 関東東海地域飼料畑土壌診断基準作成検討会報告書. 草地試験場資料, No. 6215:30-37.
- 作物分析法委員会編. 1975. 栄養診断のための栽培植物分析測定法. 1-545. 養賢堂. 東京.
- 須永義人・原田久富美・村井 勝・畠中哲也・川地太兵・江波戸宗大. 2006. トウモロコシ、ソルガム類、飼料イネのミネラル濃度. 日本草地学会誌, 52 別(2) : 294-295.
- 植物栄養実験法編集委員会編. 1990. 植物栄養実験法. 1-488. 博友社. 東京.
- 築城幹典・原田靖生. 2002. 環境保全と新しい畜産. 西尾道德監修. 15-29. 農林水産技術情報協会. 東京.
- 水流正裕・岸本 剛・百瀬義男・高井智之・中山利明・渡辺晴彦. 2008. 「戻し堆肥」を利用した乳牛ふんの堆肥化システムにおける堆肥の成分変化とソルガム (*Sorghum bicolor* Moench), ライムギ (*Secale cereale* L.) に対する施用効果. 北信越畜産学会報, 96:7-13.