

高消化性・未出穂型ソルガム新系統の特性について

1. はじめに

ソルガムはわが国における主要な夏作飼料作物のひとつです。高温下での生育が速く多収で、トウモロコシと比較して干ばつ耐性や倒伏してからの回復力に優れ、獣害が少ない¹⁾という長所があります。また、遺伝的多様性に富み、品種特性の幅が広いことから、利用目的や調製方法に応じた品種選定ができることもソルガムを利用する上での強みとなっています。消化性や嗜好性はトウモロコシに劣りますが、高消化性遺伝子bmrの導入(写真1)により消化性を改善した新品種の開発・流通も行われており、栄養面においても適応範囲と選択の幅が広がっています。

栽培利用体系としては、1回刈りに加え、再生力を生かした多回刈りやトウモロコシとの混播を行うことができます。混播栽培では、トウモロコシの収穫適期に合わせて1番草を収穫した後、再生させた2番草を収穫します。この体系では、2回の収穫によって「トウモロコシとエンバクの二毛作」と同等以上の収量が確保できるため、夏の作業集中による負担軽減が期待できます²⁾。

ソルガムの栽培利用には様々なメリットがありますが、長大型作物ならではの課題として倒伏リスクが挙げられます。草丈の伸長に伴う高い乾物生産性



写真1 bmr品種は中肋褐色を示します

が長大型作物の特徴ですが、草丈が高くなるほど重心高も高くなるために倒伏しやすくなります。特に近年頻発しているゲリラ豪雨や台風の激甚化は、倒伏リスクの増加とこれに伴う収量低下に繋がるため、飼料作物を栽培する生産者にとって脅威となっています。さらに、温暖化の影響による病虫害の増大も対処すべき問題となっています。

今回ご紹介する品種登録出願品種「信雪MSF60^{*}」と「04SK2-11^{*}」を親とするF1系統(以下、雪印種苗(株)における試験系統名「FS1701 bmr」と表記)は、消化性、紫斑点病抵抗性および耐倒伏性の向上を育種目標に掲げて、信州大学農学部、農研機構次世代作物開発研究センター、雪印種苗(株)が共同で育成した新系統です。「FS1701 bmr」はまだ流通品種ではありませんが、この品種を通じて未出穂型や高消化性といったソルガムの特性への知見を深めていただき、飼料作物を作付けする際の選択肢の一つに加えていただければ幸いです。

※品種登録出願中 海外持出禁止(農林水産大臣公示有)

2. 「FS1701 bmr」の特性

「FS1701 bmr」は極晩生で、一般的な栽培期間中(5月~10月)には殆ど出穂することのない未出穂型ソルガムです(写真2)。収量は同じ未出穂型ソルガムの「天高」と「風立」の中間程度となります。

「FS1701 bmr」に導入されている高消化性遺伝子bmr-18には難消化性繊維成分であるリグニンの合成を阻害する働きがあります。リグニンは植物体の構造を支えるための強度を与える役割を担っており、草丈が高くなるほど増加する自重を支えるためには欠かせない存在です。このため、リグニン含量を低下させるbmr遺伝子の導入は消化性の改善が期待される一方で、収量性や耐倒伏性の低下が懸念されます。しかしながら、信州大学農学部で2018年から2024年の7年間実施した栽培試験において、



写真2 FS1701 bmrの草姿

「FS1701 bmr」の倒伏が確認されたのは2024年の試験期のみで、倒伏程度も僅かなものでした。このように、bmr遺伝子を持ちながら、現場で利用可能なレベルでの収量性や高い耐倒伏性を保持できる理由はその形態的特性にあります。

表1に示した通り、「FS1701 bmr」の草丈は3m前後で、他の未出穂型ソルガムと比較して太い稈径が特徴です。「天高」ほど草丈が高くなり、出穂しないことで重心の高さを抑え、さらに稈径を太くすることで、耐倒伏性が極めて強い「風立」並の耐倒伏性を実現しています。また、節間長（節と節の間の長さ）が短く、茎を保護し支える役割をもつ葉鞘（写真3；茎を取り囲む筒の部分）割合が高いという形態的特性も耐倒伏性の向上に貢献しています（図1）。もともとソルガムは倒伏後に立ち上がる能力に優れていますが、生育途中や収穫間際の倒伏は生育停滞や機械収穫時の大幅な収量低下に繋がるため、耐倒伏性は収量の安定確保にとって極めて重要な特性です。



写真3 ソルガムの葉鞘

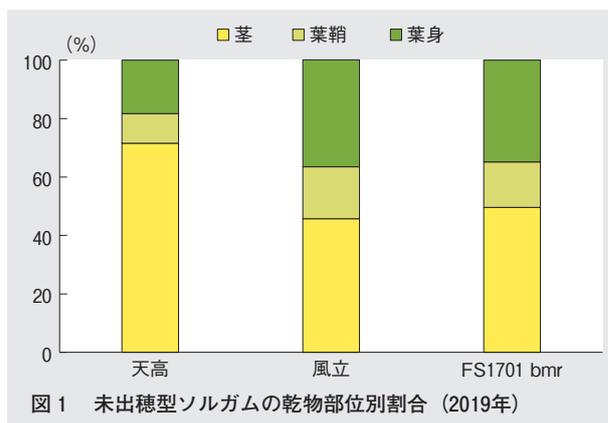


図1 未出穂型ソルガムの乾物部位別割合 (2019年)

なお、「FS1701 bmr」には紫斑点病抵抗性遺伝子 ds-1も導入されており、2020年の栽培試験では紫斑点病が多く発生し、供試品種の一部には甚だしい病徴が認められ、「天高」や「風立」も病徴を示しましたが、「FS1701 bmr」では罹病が認められませんでした。

3. 飼料成分と発酵品質

前項で触れた通り、「FS1701 bmr」には難消化性繊維成分のリグニン含量を低下させる高消化性遺伝子 bmr-18が導入されており、そのリグニン含量は「天高」や「風立」の5～6割程度と既存品種と比較して大幅に低下しています（図2）。この結果、OCW（総繊維）は他の未出穂型ソルガムと同等ですが、リグニンを含むOb（低消化性繊維）の割合が低下し、Oa（高消化性繊維）の割合が高くなることで、繊維の消化性が改善されています。これら繊維成分から推定されるTDN（可消化養分総量）³⁾は70%程度となり、トウモロコシ並みの高さを示しました（図3）。但し、CP（粗タンパク質）は5%程度で他の未出穂型ソルガムと殆ど変わらず、高タンパク粗飼料とは言い難いため、他の飼料を組み合わせることでCPを補う必要があります。

表2には未出穂型ソルガムサイレージの発酵品質

表1 未出穂型ソルガムの特性^{*1}

調査年	品種・系統	草丈 (cm)	稈径 (mm)	倒伏 (%)	収量 (kg/a)		紫斑点病
					生草	乾物	
2020年	天高	434.9	16.5	5.7	983.3	245.9	病徴あり
	風立	262.4	18.0	0.0	704.1	156.8	病徴あり
	FS1701 bmr	289.6	20.0	0.0	807.7	189.0	病徴なし
2018～2024年 (平均値)	FS1701 bmr	311.1	21.3	2.1	834.1	188.1	— ^{*2}

^{*1} 長野県信州大学農場で実施した栽培試験 (2020年：品種比較試験 2018～2024年：ライムギとの輪作試験) よりデータを一部使用

^{*2} データなし

と原料草中のWSC（可溶性炭水化物、糖）を示しています。供試した「FS1701 bmr」「天高」「風立」はいずれも収穫の時点（10/26～27）で未出穂でした。発酵品質の評価基準であるV-スコアは、すべてのサイレージで80点以上（良）となりました。サイレージ中の有機酸組成は乳酸割合が最も高く、劣質サイレージの原因となる酪酸以上のVFA（揮発性脂肪酸）は検出されていません。サイレージ調製の原理は酪酸発酵を阻止することにあります。そのため方法として、①低pH化（pH4.2以下）、②低水分化のいずれか、もしくは両方を選択する必要があります。良質サイレージの発酵過程では、原料草のWSCを利用して乳酸菌が増殖し、十分量の乳

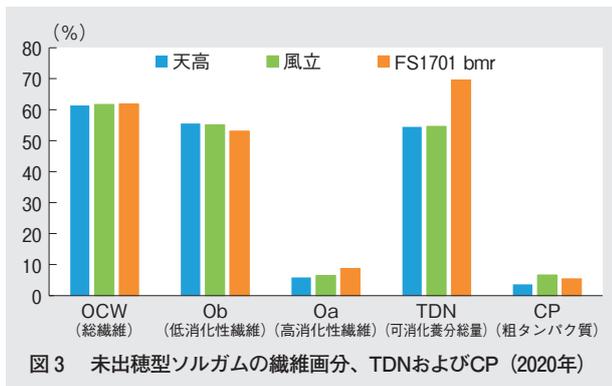
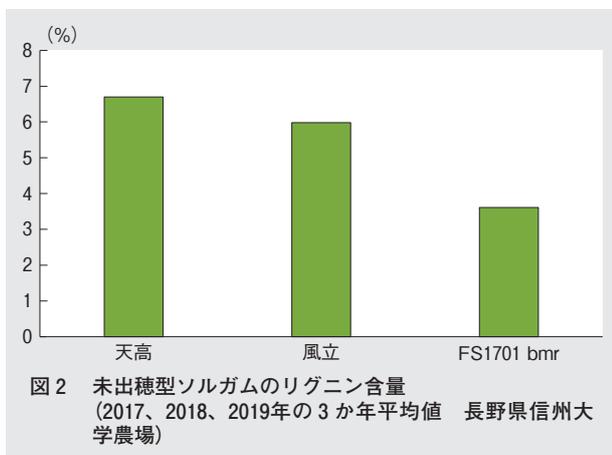


表3 未出穂型ソルガムサイレージ*の飼料成分

品種・系統	OCW (%)	Ob (%)	Oa (%)	TDN (%)	CP (%)
天高	62.9	60.2	2.7	52.9	4.4
風立	62.3	55.6	6.7	54.4	5.6
FS1701 bmr	60.9	52.2	8.7	69.5	4.9

* 長野県信州大学農場で実施した栽培試験（2020年）の収穫物を使って調製したサイレージ

酸が生成されることでpHが4.2以下に低下し、酪酸菌を始めとする不良細菌の活動が抑制されます。そして、活発な乳酸発酵を持続させるためには、発酵基質となるWSC含量が乾物中10%以上必要である⁴⁾といわれています。「FS1701 bmr」のWSC含量は10%と比較的高いことから、サイレージ調製に適していると考えられます。また、発酵過程における原料草中のCPの分解度合いをTN（全窒素）に対するVBN（揮発性塩基態窒素、主にアンモニア）の割合で示します。この数値は低いほど良質サイレージとなりますが、おおむね基準値である10%程度⁵⁾となりました。

なお、サイレージの飼料成分は原料草と殆ど変わっていません（表3）。このことは、供試したすべての品種において、栄養面の観点からも原料草が持つ栄養価を損なうことなく良質なサイレージが調製されたことを示しています。

4. 牛による嗜好性

表4は、2020年に黒毛和種繁殖牛6頭をパネルと

表4 未出穂型ソルガムサイレージの嗜好性評価*1

番号	品種・系統	→①	→②	→③	合計	平均嗜好度*2
①	天高		-10	-23	-33	-1.8*
②	風立	+10		-19	-9	-0.5*
③	FS1701 bmr	+23	+19		+42	2.3*

*1 黒毛和種繁殖雌牛6頭をパネルとして簡易化した一対比較法（渡辺2000）により実施した
*2 平均嗜好度 = 評点合計 / (パネル × 供試試料数)
* 5%水準で品種・系統間に有意差あり

表2 未出穂型ソルガムサイレージ*1の発酵品質および原料草中のWSC*2

品種・系統	pH	水分含量 (%)	VBN/TN (%)	原物中 (%)			組成 (%)			V-スコア*4	WSC (%)
				乳酸	酢酸 + プロピオン酸	酪酸以上のVFA*3	乳酸	酢酸 + プロピオン酸	酪酸以上のVFA*3		
天高	4.2	73.8	9.6	0.82	0.51	0.00	61.6	38.4	0.0	86.3	8.6
風立	4.2	77.4	8.9	0.82	0.46	0.00	64.2	35.8	0.0	90.3	9.0
FS1701 bmr	4.2	75.9	10.5	0.81	0.47	0.00	62.8	37.2	0.0	85.6	10.0

*1 長野県信州大学農場で実施した栽培試験（2020年）の収穫物を使って調製したサイレージのデータ、WSC以外は原物中%
*2 WSC：可溶性炭水化物、糖
*3 VFA：揮発性脂肪酸
*4 80点以上：良 60-80点：可 60点以下：不可

FS1701 bmr

天高



写真4 銀トレイに入ったサイレージの様子：FS1701 bmrと天高)

して実施した嗜好性試験の結果です。「FS1701 bmr」の発酵品質は「天高」や「風立」とほぼ同等でしたが、嗜好性の高さを評価する平均嗜好度は有意に高い値を示しました。牛の嗜好性に影響を及ぼす要因は様々ですが、茎よりは葉を好み、繊維成分が少なく、WSCやCPの多いものや消化性の高いものを選択的に採食することが知られています⁶⁾。葉部割合の高さは「風立」にも当てはまる特徴であり、総繊維やWSC、CPについては品種・系統間で大きな違いがみられませんでした。これらのことから、嗜好性に影響した最大の要因はリグニン含量の低下による消化性の高さであると考えられます。また、サイレージを取り扱う際、「天高」や「風立」は茎がリグニン化（木質化）して硬く、手指に突き刺さるような感触だったのに対し、「FS1701 bmr」のサイレージは柔らかな感触で、リグニン低下は茎葉の粗剛性を明らかに改善していました（写真4）。いずれにせよ、牛による喰いつきは抜群です。

5. さいごに

近年、地球温暖化の影響による気象災害や高温障害の増加など、飼料作物や牧草の栽培環境は様々なりリスクにさらされています。それでも「牛を飼い続けるためには草や飼料作物が必要だ」そのような思いで、生産者の皆さまは畑に出ているのではないのでしょうか。飼料価格の高騰もあり、購入飼料から自給飼料へと大きく転換を図った方もいらっしゃるかもしれません。本稿では「作りやすく、収量が得ら

れて栄養価が高く、牛の喰いがよいもの」を模索中の生産者の方に向けて、「FS1701 bmr」をご紹介させていただきました。本系統は、消化性の改善によりトウモロコシ並みのTDNと高い嗜好性を有し、さらに紫斑点病抵抗性と耐倒伏性を兼ね備えた有望系統です。これまでソルガムは、栄養価の観点から養分要求量が少ない繁殖牛を中心に利用されてきましたが、より多くの栄養を必要とする肥育牛や泌乳牛へと給与対象が広がることで、ソルガムの利用可能性を高めることが期待されています。また、ここ数年、クマやイノシシなどによる食害を避けるため山沿いの畑でのトウモロコシ栽培をあきらめ、牧草に切り替えたという話を聞きます。山間部で野生動物の出没が多い地域の方には、夏の飼料作物として未出穂型で鳥獣害の少ないソルガムを是非ご活用いただきたいと思います。

6. 引用文献

- 1) 横澤将美・阿部正美・佐藤拓実・高橋明子 (2011) ソルガムを利用した獣害対策と良質粗飼料生産. 群馬畜試報18: 51-56
- 2) 小山内光輔 (2023) デントコーンとソルガムの混播栽培と、ソルガムによる獣害対策について. 牧草と園芸71 (2): 21-24
- 3) 井上直人・春日重光 (1998) ソルガム類サイレージの真の消化率と栄養評価. 日草誌44 (3): 240-247
- 4) 増子孝義 (1999) サイレージ調製の原理. サイレージ科学の進捗: 91-92
- 5) 野英二 (2020) サイレージの品質評価法と好気的変敗. 酪農ジャーナル電子版【酪農PLUS+】飼料作物の生産と調製—理論と実際—《第6回》
<https://rp.rakuno.ac.jp/archives/feature/2682.html>
- 6) 雑賀優 (1990) 牧草草種・品種間にみられる採食性の差異およびそれに影響を及ぼす要因. 日草誌36 (1): 60-66

「FS1701 bmr」は雪印種苗にて外部特性確認試験および海外での採種性試験を進めている段階です。今後の種子の供給につきましては続報をお待ちください（雪印種苗（株））。