

## スーダン型ソルガム新品種「涼風」および 「峰風」を活用した粗飼料生産マニュアル (関東甲信越地域向け) <2016年度版>



農研機構 畜産研究部門・中央農業研究センター  
農研機構 西日本農業研究センター  
長野県畜産試験場  
群馬県畜産試験場  
新潟県農業総合研究所畜産研究センター  
茨城県畜産センター  
神奈川県畜産技術センター

# 目次

1. はじめに	---	1
2. ソルガム類の基本的特性とスーダン型ソルガム新品種 「涼風」および「峰風」の紹介		
(1) ソルガム類の基本的特性	---	2
(2) スーダン型ソルガム新品種「涼風」および「峰風」 の紹介	---	3
3. スーダン型ソルガム新品種「涼風」とイタリアンライグラス を組み合わせた年3回刈り栽培体系		
(1) 栽培体系のねらいと技術的なポイント	---	5
(2) 栽培暦	---	6
(3) ソルガム「涼風」の栽培・利用		
1) 土づくりと施肥	---	8
2) 播種	---	9
3) ロールベール収穫	---	11
4) 牛への給与	---	18
(4) イタリアンライグラスの栽培・利用		
1) イタリアンライグラスの播種	---	21
2) イタリアンライグラスの収穫	---	23
(5) 作業能率	---	26
(6) 収益性	---	27
4. スーダン型ソルガム新品種「峰風」を活用したトウモロコシ・ ソルガム混播2回刈り栽培体系		
(1) 栽培体系のねらいと技術的なポイント	---	29
(2) 播種	---	31
(3) 収穫	---	34
(4) 収量性	---	36
(5) 飼料成分	---	37
(6) 作業能率	---	38
(7) コントラクターにおける導入メリット	---	40
執筆者一覧	---	42

## 1. はじめに

我が国の大家畜生産は、近年、輸入飼料価格の高騰や労働力の不足などの多くの問題に直面しています。それらの問題を克服し、畜産経営を安定させるためには高品質の自給粗飼料を省力・低コストで生産することが重要となります。2015年度における我が国の飼料作物の作付面積は全国で合計 975 千 ha ですが、そのうち、高い単収が期待できるホールクroppサイレージ用の長大型飼料作物としては、トウモロコシが 92 千 ha と最も広く栽培されており、次いでソルガム（15 千 ha）となります。長大型飼料作物としてトウモロコシが第一に選択される理由としては、トウモロコシの方がソルガムに比較して栄養価が高いという点や、低温での生長が可能なため北海道から九州までの広い地域で栽培可能といった点があげられます。しかし、ソルガムはトウモロコシにはないいくつかの優れた特徴を有しており、それらの特徴を活用することで、現在の飼料増産の妨げとなっている問題に対処することが可能になります。

まず、ソルガムはトウモロコシに比較して再生力が高いという特徴を有しており、関東以南の暖地では、トウモロコシとソルガムの混播 2 回刈り栽培が可能になります。この栽培体系は、トウモロコシとソルガムを早春に混播することで 7 月～8 月の 1 番刈りはトウモロコシを主体として収穫し、その後再生してきたソルガムを 11 月前後に 2 番刈りするという方法で、1 回の播種で 2 回の収穫が可能のため、飼料生産の省力化が可能になります。また、近年、中山間地におけるトウモロコシ栽培ではクマ等による被害（トウモロコシ雌穂の食害）が顕在化するようになってきており、そのような場面では雌穂を有せず、獣害に遭いにくいソルガムを栽培することが有効です。

このような状況のもと、近年、我が国ではソルガムの品種育成が進み、新しいタイプのソルガムであるスーダン型ソルガム (*Sorghum bicolor* Moench × *Sorghum sudanense* [Piper] Stapf.) の新品種「涼風」や「峰風」が育成されており、それらの品種を活用することで、先に述べたようなトウモロコシだけで対応が難しいいくつかの問題に対処しつつ、飼料増産を図ることが可能になると考えられます。こうしたことから、農研機構、長野県畜産試験場、群馬県畜産試験場、新潟県農業総合研究所畜産研究センター、茨城県畜産センターおよび神奈川県畜産技術センターは信州大学農学部とも連携し、農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業「関東甲信越地域の気象資源とソルガム新品種を活用した省力多収飼料作物栽培技術の開発」（2013 年度～2015 年度）として、スーダン型ソルガム新品種「涼風」とイタリアンライグラスを組み合わせた中山間地における獣害を軽減する省力的な周年栽培体系、ならびにスーダン型ソルガム新品種「峰風」とトウモロコシを組み合わせた混播 2 回刈り栽培体系の開発を行いました。本マニュアルでは、最初にソルガム類の基本的特性やスーダン型ソルガム新品種「涼風」・「峰風」の特徴を解説した後、主に関東甲信越地域を対象とし、両品種を活用した新たな栽培体系について紹介します。

## 2. ソルガム類の基本的特性とスーダン型ソルガム新品種「涼風」

### および「峰風」の紹介

- ソルガム類は乾物生産性や環境適応性に優れた飼料作物であり、遺伝的な変異が大きく、様々なタイプの品種が育成されています。
- 近年、新しいタイプのスーダン型ソルガムの新品種が育成されており、その中には消化性の高い品種も育成されています。
- 新品種「涼風」は多回刈り利用可能なスーダン型ソルガムであり、高消化性遺伝子を有し、嗜好性も優れています。
- 新品種「峰風」は初期生育と再生力に優れ、スーダン型ソルガム品種の中でも多収で乾物率が高いためトウモロコシとの混播栽培に適します。

#### (1) ソルガム類の基本的特性

ソルガム (*Sorghum bicolor* Moench) は、熱帯アフリカを原産とする長大型飼料作物で、我が国では1970年頃より水田転換畑で利用される草種として普及され、現在では飼料用トウモロコシと並ぶ重要な夏作の飼料作物として位置付けられています。また、スーダングラス (*Sorghum sudanense* [Piper] Stapf.) は、分類学的にはソルガムとは異なりますが、利用上、ソルガム類の一つとして扱われます。ソルガム類(ソルガム、スーダングラスおよびそれらの雑種)は、飼料作物として全国的に栽培されており、農林水産省(2016)の作物統計によると2015年産の「ソルゴー」の作付面積は26,200ha、うち15,200haが飼料用で、岩手から沖縄にかけて作付けされています。特に九州での作付けが多く、国内の3分の2を占めます。飼料用以外には、野菜の連作障害対策やクリーニングクロープなど緑肥用としての利用が一般的ですが、その他にもドリフト防止や天敵防除のための障壁作物、高糖性・多収性を利用したバイオマス原料、食用、園芸用といった利用もなされます。

ソルガム類は遺伝的な変異が大きく(写真1)、優れた乾物生産性、環境適応性、再生力などを有していますが、トウモロコシと大きく異なる特性は再生力に優れる点です。環境適応性としては、耐旱性に優れるほか、水田転換畑での作付けが可能な耐湿性も有しています。生育適温は25~30℃とトウモロコシよりやや高い範囲にあり、暖地から温暖地が栽培の中心となりますが、適切なタイプ・品種を選定することにより寒冷地等でも十分利用することができます。ソルガム類は熟期、稈長、再生力等の一般特性に多様性があることから、利用形態も青刈り、ホールクロープサイレージ、乾草まで幅広く、利用目的と作付体系(播種時期および収穫時期)に適した種類を選ぶことが重要です。一方、トウモロコシと比べ、茎葉部の消化性やサイレージの発酵品質、家畜の嗜好性や初期生育および低温条件での伸長性は劣り、また、登熟期の鳥害が甚だしいなどの欠点もあります。ただし、茎葉部の消化性に関しては、高消化性遺伝子を利用した高消化性品種が市販されています。なお、ソルガム類は生育初期の茎葉には青酸を含むので、草丈1m以下の幼植物や再生芽

(特に霜害を受けた再生芽)は、そのまま家畜に与えてはいけないといった注意が必要です。

ソルガム類の分類と特性は、以下のように整理されています。①子実型ソルガムは、稈長 1.5m以下の短稈で、穂や子実の割合が高いソルガムです。分げつは少なく、再生力は強くありません。②兼用型ソルガムは子実生産用とサイレージ用との兼用型のソルガムで、稈長 2 m前後の中稈で、穂が大きく、分げつは少なく、再生力は強くないソルガムです。③ソルゴー型ソルガムは稈長 2.4m以上の長稈で、茎が太く、多汁高糖分の品種が多いソルガムです。分げつ性は中程度ですが、再生力は



写真 1. 多様な遺伝的変異を有するソルガム類.

強くありません。茎葉収量が多く、穂重割合は低いですが、サイレージ用および青刈りに適しています。ソルゴー型ソルガムのうち糖含量の高い品種をスイートソルガムと呼ぶ場合もあります。④スーダン型ソルガムは、ソルガムの雄性不稔系統にスーダングラスを交配した  $F_1$  品種群で、両親の中間的特性を示します。中～長稈で茎はやや細く、分げつは多く、再生力は強く、また、初期生育、低温伸長性はソルゴー型より優れるという特性を有します。茎が多汁高糖分のものから乾性のものまであり、サイレージ用として利用でき、多回刈りのロールベール利用にも適します。本マニュアルで取り上げる新品种「涼風」および「峰風」はこのスーダン型に属します。⑤スーダングラスは中稈で、茎は細く、汁性と乾性の両方があります。葉幅は狭く、分げつは多く、再生力は極めて強いという特性を有します。青刈り利用、ならびに茎が細く、多回刈りが容易なため、ロールベールを用いたサイレージ利用および乾草調製も可能です。

## (2) スーダン型ソルガム新品种「涼風」および「峰風」の紹介

スーダン型ソルガムは、子実型ソルガムの細胞質雄性不稔系統に再生力が優れるスーダングラスを交配した一代雑種品種群で茎葉を利用するタイプです。中～長稈(2.5m前後)で、茎はやや細く、分げつは多く、再生力が強いために多回刈り利用に適します。出穂前後に収穫するため、出穂以降に発生する病害の回避が可能であるとともに、子実目的の獣害軽減や台風被害軽減にも有効です。近年、ロールベールによる収穫体系が普及し、長大型飼料作物でもロールベール収穫ができる特性が望まれていること、さらに牧草収穫体系に適応でき多回刈り利用が可能な品種が期待されているといった状況から、スーダン型ソルガム品種はそれらのニーズに対応できる品種として期待されます。

スーダン型ソルガム新品种「涼風」(以下「涼風」)(写真 2 左)は、ロールベール収穫体系に対応できる多回刈り利用可能なスーダン型ソルガムであり、茎葉部

の消化性、耐倒伏性に優れる青刈り・サイレージ用品種です。ソルガム細胞質雄性不稔系統「那系MS-3A」を種子親とし、スーダングラス自殖系統「JN501」を花粉親とした単交配一代雑種です。早晩性は早生に属し、重要な特性は、bmr遺伝子を有し、消化性が高いことで、酵素分析による「涼風」の茎葉の繊維成分は、1番草、2番草ともに非高消化性品種「グリーンA」よりも細胞壁物質（OCW）中の高消化性繊維（0a）が多く、細胞壁物質（OCW）中の低消化性繊維（0b）割合が低いことが示されています。また、ホルスタインのフィステル牛を用いた72時間ナイロンバッグ法による乾物消失率は「SSR4」、「グリーンA」より高く、サイレージの嗜好性も優れています。病害抵抗性は、すす紋病抵抗性が“やや強”、紫斑点病抵抗性が“弱”、紋枯病抵抗性が“やや強”です。

スーダン型ソルガム新品種「峰風」（以下「峰風」）（写真2右）は、乾性で初期生育と再生力が特に優れ、多回刈り収穫に向く青刈り・サイレージ用多収品種です。ソルガム細胞質雄性不稔系統「MS-21A」を種子親とし、スーダングラス自殖系統「H-137」を花粉親とした単交配一代雑種です。早晩性は早生に属し、乾物生産性が極めて高く、乾物収量および乾物率ともにスーダン型ソルガム・スーダングラス品種の中で高いという特徴を有しています。病害抵抗性は、すす紋病抵抗性が“中”、紫斑点病抵抗性が“弱”、紋枯病抵抗性が“やや強”です。



写真2. スーダン型ソルガム新品種「涼風」（左）および「峰風」（右）の草姿.

### 3. スーダン型ソルガム新品種「涼風」とイタリアンライグラスを 組み合わせた年3回刈り栽培体系

- ソルガム新品種「涼風」とイタリアンライグラスを組み合わせることで、獣害を回避しつつ高栄養の粗飼料を省力的に生産するための年3回刈り栽培が可能になります。
- この栽培体系は、牧草用収穫機械のみで省力的に収穫可能なため、中小規模の個別農家において活用可能です。
- 高標高地（長野県）や積雪地（新潟県）では従来の獣害回避型作付けであるソルゴー型ソルガム年1作に比較し、年間のTDN（可消化養分総量）収量が30%以上向上します。

#### （1）栽培体系のねらいと技術的なポイント

この栽培体系は、クマやイノシシ等の獣害（写真3）によりトウモロコシの栽培が困難になった地域や、労力不足によりトウモロコシサイレージの収穫調製が困難となった経営体において、栄養価が高く、発酵品質が良好な粗飼料を省力かつ安定的に生産するための技術です。関東甲信越地域では、多くの場合、夏作トウモロコシと冬作のイタリアンライグラスや麦類を組み合わせた二毛作において年間の単収（TDN収量）が最も高くなります。しかし、獣害によりトウモロコシの栽培が困難になると、次善の策としてソルゴー型ソルガムが栽培されますが、ソルゴー型ソルガムの作期はトウモロコシよりも遅いため、高標高地や積雪地でソルゴー型ソルガムを作付けする場合には冬作の栽培が難しくなります。このような場合に、高消化性のスーダン型ソルガム「涼風」の2回刈り栽培（写真4）とイタリアンライグラス（1回刈り）を組み合わせることにより、TDN60%以上の高品質粗飼料をロールベールサイレージとして周年的に生産することができます（図1、2）。

一方、温暖地では、この栽培体系のTDN収量はソルゴー型ソルガム年1回刈り体系よりもやや低くなります。しかし、「涼風」は①スーダン型ソルガムであるためにソルゴー



写真3. クマによるトウモロコシの被害状況。

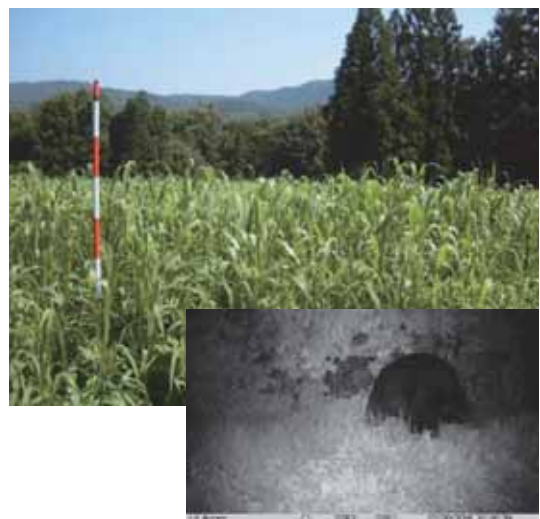


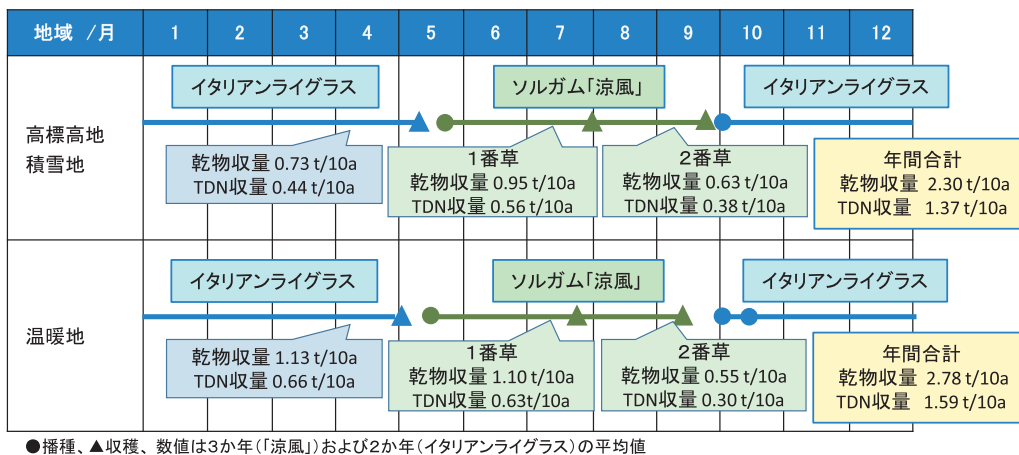
写真4. クマの出没が確認されても食害、倒伏害が見られなかった「涼風」の圃場。

型ソルガムとは異なり、ロールベアラ等の牧草用収穫機械を用いた省力的な栽培・収穫が可能である、②長稈となるソルゴ型ソルガム多収品種では倒伏が収穫作業に影響し、減収の恐れがあるのに対して、「涼風」は倒伏しても回復する見込みがあるため、収穫作業への悪影響は小さい、③「涼風」の収量は年次間差が小さく、計画的な生産を見込めるといった優れた点があります。また、採草地が経年化し、収量が低下した場合に、本栽培体系を新たに導入することで、生産力の向上を図ることができます。この栽培体系を効率良く実施して高品質な粗飼料を生産するためには、播種および収穫・調製の時期と作業の省力化がポイントになります。

**【 慣行栽培体系 】**

- トウモロコシ-イタリアンライグラス二毛作
  - ➡クマ等の獣害のため中山間地でのトウモロコシ栽培は困難。
- ソルゴ型ソルガム年1作(獣害回避型の慣行栽培体系)
  - ➡6月播種、10月中旬の収穫となるため冬作との組み合わせが困難で収量が低い。

**【 スーダン型ソルガム「涼風」とイタリアンライグラスを組み合わせた年3回刈り栽培体系 】**



○スーダン型ソルガム「涼風」は短い作期で2回刈りが可能であり、さらに、冬作イタリアンライグラスと組み合わせることで、年間多収を得ることが可能。

図1. ソルガム「涼風」とイタリアンライグラスを組み合わせた年3回刈り栽培体系と慣行栽培体系の比較.

**(2) 栽培暦**

高標高地と積雪地では、ソルガム「涼風」を5月下旬に播種し、1回目の刈取りを7月下旬に、2回目の刈取りを9月下旬に行います(図1)。さらに、イタリアンライグラスを9月下旬～10月上旬に播種し、翌年の5月中旬に刈り取ります。

この栽培体系の導入適地は、5月下旬～9月末の15℃基準有効積算温度が670℃以上で、この期間に「涼風」の2回刈り栽培が可能となる地域です(図3)。標高を



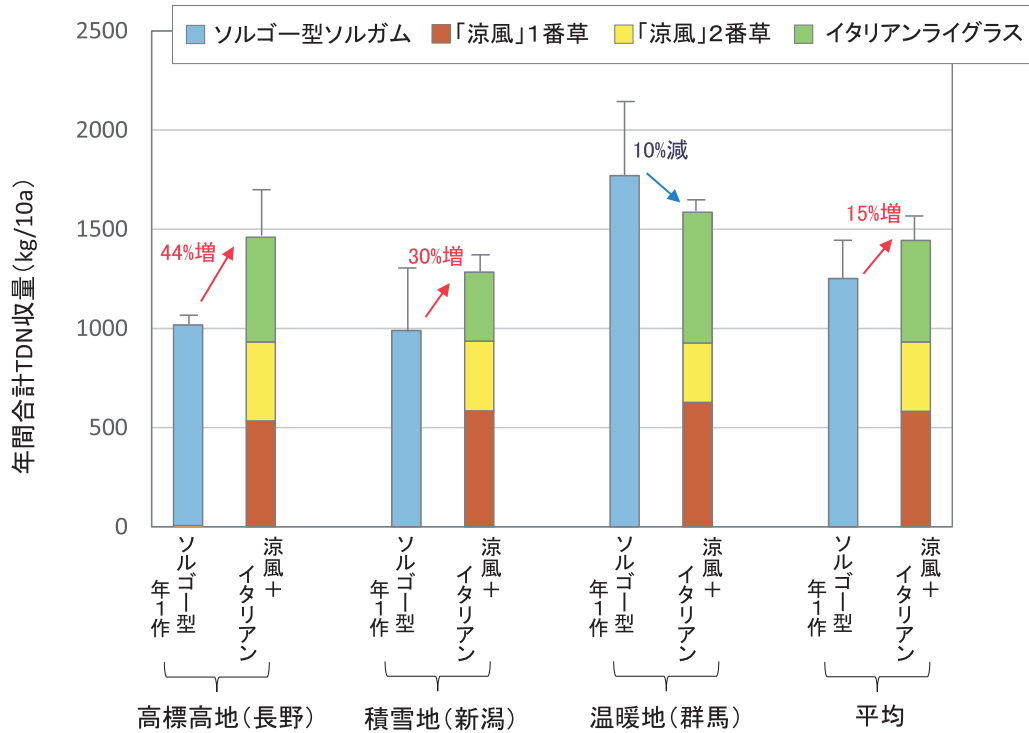


図2. ソルガム「涼風」+イタリアンライグラス年3回刈り栽培体系と獣害回避の慣行栽培（ソルゴー型ソルガム年1作）の年間合計TDN収量の比較（3か年平均）.

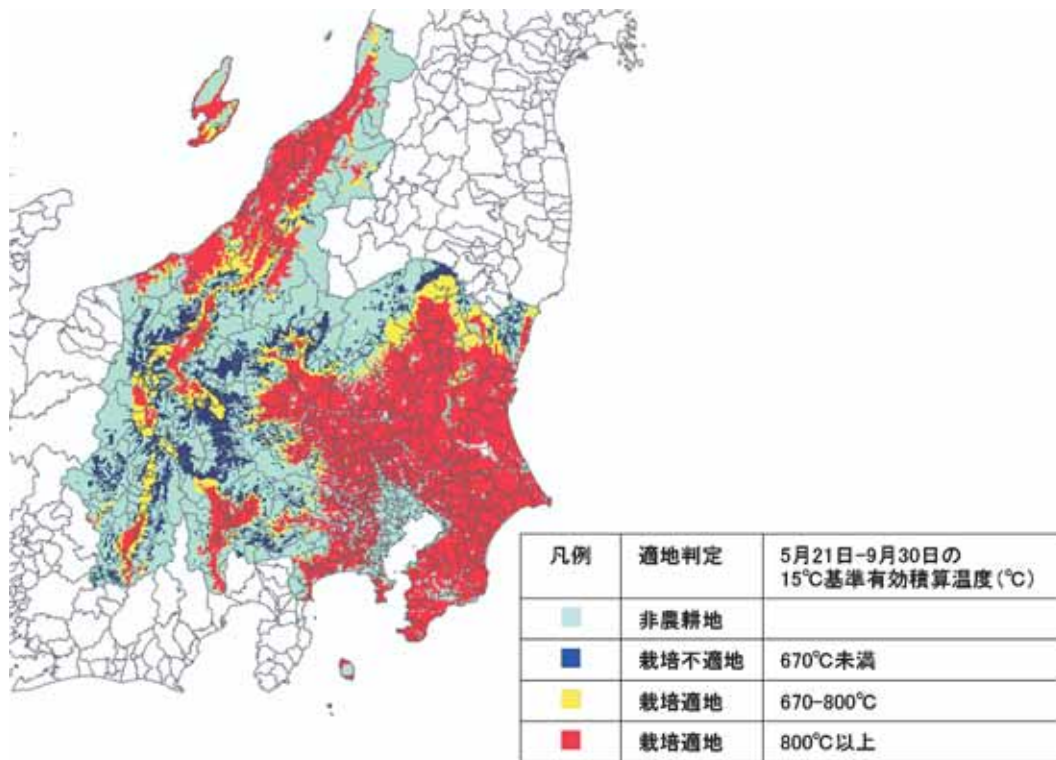


図3. ソルガム「涼風」+イタリアンライグラス年3回刈り栽培体系の導入適地.（「涼風」2回刈り栽培の導入の可否により判定）

目安にすると、準高冷地（標高 700～800m）までが導入可能です。標高 1,000m 地帯では「涼風」1 刈りとイタリアンライグラス 1 刈りの組み合わせか、「涼風」2 刈りの単作となります。また、積雪地で用いるイタリアンライグラスは耐雪性のある品種（「ナガハヒカリ」等）を用います。

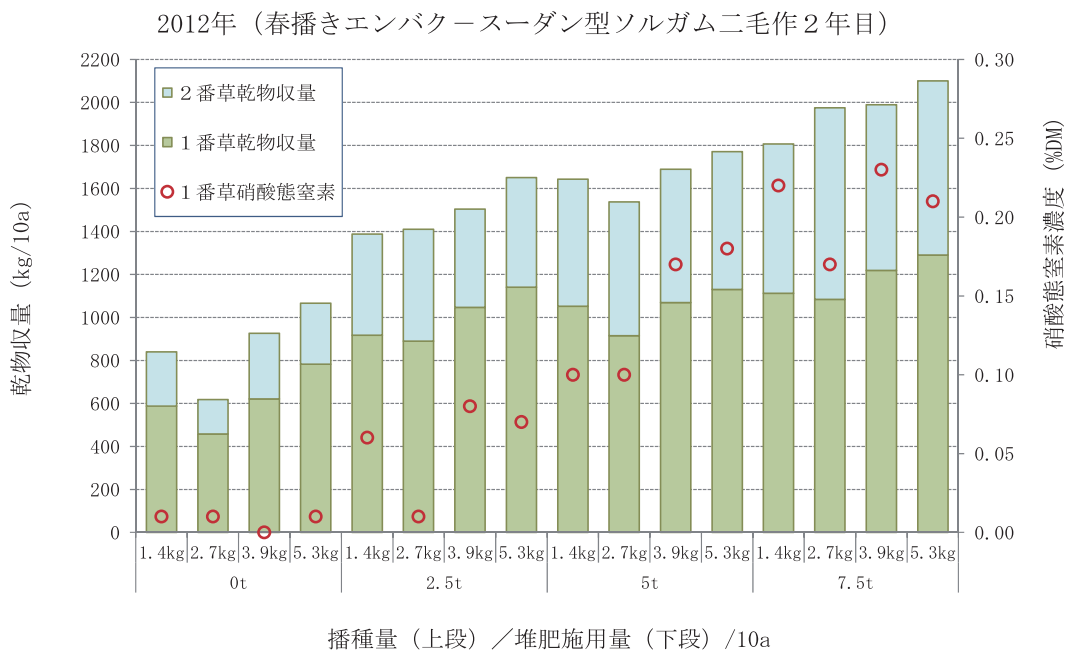
温暖地では、ソルガム「涼風」を 5 月中旬に播種し、1 回目の刈取りを 7 月下旬に、2 回目の刈取りを 9 月中旬に行います。さらに、イタリアンライグラスを 9 月下旬～10 月中旬に播種し、翌年の 4 月下旬～5 月上旬に刈り取ります。

### （3）ソルガム「涼風」の栽培・利用

#### 1) 土づくりと施肥

イタリアンライグラス収穫後に堆肥を 10a 当たり 3 t（標準量）施用します。苦土石灰は 10a 当たり 50kg を標準施用量とし、休閑期の土壌診断に基づいて施用量を調節します。堆肥からの養分供給を見込み、窒素肥料およびカリ肥料は施用しません。堆肥、苦土石灰等を施用した上で、ロータリ耕起を行い、播種に備えます。土壌診断に基づく土壌改良資材の施用量については、農業改良普及センターや JA にご相談ください。

なお、堆肥の連用量が多い圃場では、収穫物の硝酸態窒素濃度が高い傾向があるため（図 4）、ロールバールサイレージの硝酸態窒素濃度をチェックする必要があります。また、2 番草の硝酸態窒素濃度は高くなる傾向があるため注意が必要です。



前作：エンバク（堆肥 3 t/10a 施用、3 月 22 日播種、5 月 30 日刈取り）  
 品種：「涼風」 播種：6 月 8 日（ロータリーシーダー条間 20cm）  
 収量調査：1 番草 8 月 10 日、2 番草 10 月 9 日、化学肥料窒素は無施用 各組み合わせ 4 反復  
 堆肥は 2 年連用

図 4. 堆肥連用量と「涼風」の硝酸態窒素濃度の関係。  
 （試験地：長野県畜産試験場）

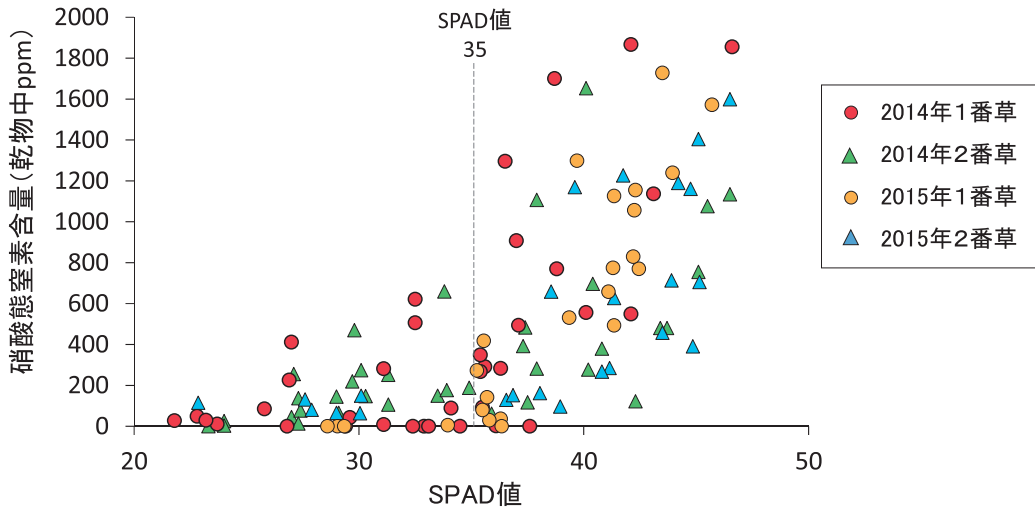


図5 「涼風」の SPAD 値と硝酸態窒素濃度の関係。  
(試験地：新潟県農業総合研究所畜産研究センター)

収穫時に硝酸態窒素含量を簡易に推定する方法として、SPAD(葉緑素計)を用いる方法があります。各圃場において10点以上の個体のSPAD値を測定(止め葉または最長葉の中心部で測定)し、平均値を算出します。SPAD値が35を超えた場合は硝酸態窒素含量が1,000ppmを超える危険があります(図5)。また、堆肥の連用量が多い等、硝酸態窒素が高くなるのが予想される場合には、ロールバールサイレージの給与前にサイレージのサンプリングを行い、実際の硝酸態窒素濃度を測定し、サイレージの給与割合を減らす等の対策が必要です。

## 2) 播種

### ①散播による厚播き

10a 当たり 6～8kg の種子をブロードキャスタか散粒機を用いて散播します。圃場の外周は散粒機を利用して均一に播きます。播種直後にディスクハロやロータリ of 表層攪拌により薄く覆土を行います(図6、写真5)。土壌表面が乾いたら、速やかにカルチパッカをかけて鎮圧を十分に行います。

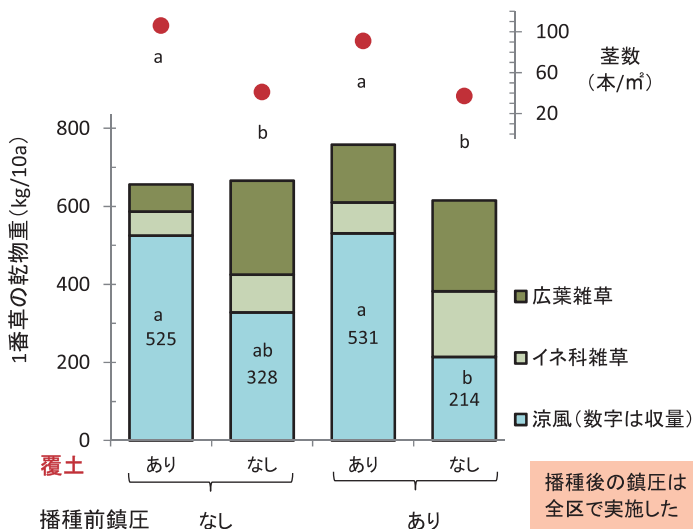


図6. イタリアンライグラス収穫後の播種法がソルガム「涼風」の1番草の生育・収量に及ぼす影響。

異文字間に有意差あり  
( $P < 0.05$ , Tukey 法)

現地慣行に従って覆土を行わず  
鎮圧(2度がけ)のみ(2014年)



出芽ムラが目立つ



ロータリハローによる薄い覆土と  
カルチパッカによる鎮圧(2015年)



出芽斉一



初期生育良好



写真5. 実証圃場における覆土の効果.

5月中・下旬は降水量が少なく、土壌が乾燥しやすいため、発芽を揃えるためには、降雨を予想して播種の日程を決めること、薄めの覆土（トラクタ後輪のタイヤ痕を削らない程度：鎮圧後の目標種子深度3cm）を行い、十分に鎮圧することが播種作業のポイントです。また、群馬県畜産試験場における試験では、「涼風」を播種量8kg/10aで散播することで、多収で稈径も細く仕上がるため、牧草ロールベアラ体系に最適であることが明らかにされています。

## ②ロータリシーダによる密条播

「涼風」の播種にはロータリシーダを活用することで、仕上げ耕起と播種を1工程で行うことができます（写真6）。播種量は10a当たり6kgが適正です。種子の繰り出し量の調整はトラクタに装着したロータリシーダ部を持ち上げて、鎮圧ローラを回転させて種子を受け、一定の回転数（走行距離）で繰り出した量を測ることで適正なロール孔の開度を決定して行います。実際の圃場では鎮圧ローラのスリップが発生するため、実繰り出し量は調整した量よりも低下します。長野県畜産試験場で行われた試験では、実繰り出し量は調整した量よりも30%程度低下しました。播種深度は2cm深を目標にし、種子が深く入りすぎないように注意します。土壌表面が乾いたら、速やかにカルチパッカをかけて鎮圧を十分に行います。



ロータリシーダによる播種

ロータリシーダで播種した畑の初期生育

写真6. ロータリシーダによる「涼風」の播種.

### ③雑草防除

密植栽培により雑草を抑制できますが、雑草発生量の多い圃場では、播種後雑草の出芽前～出芽始めにブームスプレイヤでアトラジン水和剤（10a 当たり 100～200ml・水量 100L）を散布します。

### 3) ロールベール収穫

#### ①収穫適期

ソルガム「涼風」の2回刈り栽培における収穫適期は1番草が止葉期から出穂始期、2番草が出穂始期で、TDNはそれぞれ乾物中62%および65%と高い値が期待でき、チモシー乾草（1番草出穂期）のTDNに相当します（表1、図7）。しかし、1番草の刈取り時期が、出穂期以降になると品質が低下するとともに2番草の収量低下を招くので、適期に収穫を行います。

高標高地と積雪地では、1番草の収穫が7月下旬頃（止葉期）に、2番草の収穫が9月下旬（出穂始期）頃になります。温暖地では、1番草の収穫が7月中～下旬頃（止葉期～出穂始期）に、2番草の収穫が9月中～下旬（出穂始期～穂揃い期）頃になります。

表1. ソルガム「涼風」の生育ステージと飼料成分の関係.

番草	生育ステージ	飼料成分(%DM)				TDN (%DM)
		CP	EE	NFC	NDF	
1番草	止葉期	10.3	2.0	19.5	60.5	62.4
	出穂始期	7.1	1.8	23.6	60.2	60.5
	開花終期	6.4	1.6	23.4	59.1	55.7
2番草	出穂始期	9.3	2.1	23.7	57.9	64.7
	穂揃期	7.5	1.4	25.6	59.4	61.2

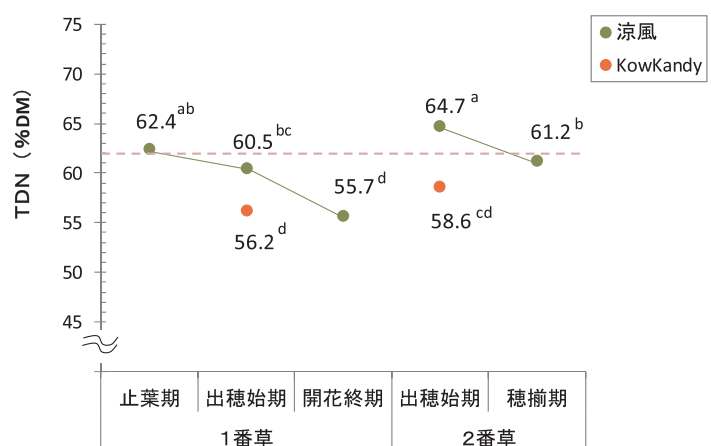


図7. ソルガム「涼風」の生育ステージと栄養価（TDN）の関係.

黒毛和種繁殖雌牛（維持期）4頭の平均。異文字間に有意差あり（Tukey法）。

## ②刈取り時の注意点

1 番草の収穫に当たっては、刈取り後の再生を良好にするため、刈り取る高さを地際から 10cm とし、土壌水分が低い時に収穫作業を行うとともに、株を傷めないように圃場内でトラクタの急ハンドルを切らないようにするなどの配慮が必要です。

## ③モアコンディショナとロールベアラによる収穫体系

モアコンディショナで刈り取れば、茎を圧砕して予乾を促進するだけでなく、原料草を带状に排出することができます。そのため、反転・集草作業を行わなくてもロールベアラで収穫することができます（写真7）。目標水分は 60～65% で、晴天が続けば夏季は刈取りの翌日、秋季は2日目に収穫します。この方法は反転・集草作業を行わないため、土砂の混入を抑えることができ、ロールベアラの発酵品質が良好になります（表2）。



写真7. モアコンディショナによる収穫体系.

表 2. 反転作業を省略したロールベールサイレージの品質.

	圃場 1		圃場 2	
	無反転	反転	無反転	反転
ロール数	7	2	5	3
ロール重 (kg)	332	242	364	322
水分 (%)	67.6	51.9	74.4	61.8
乾物密度 (kg/m <sup>3</sup> )	137	148	119	157
pH	4.8 <sup>b</sup>	5.7 <sup>a</sup>	4.0 <sup>b</sup>	4.2 <sup>a</sup>
有機酸 (%FM)				
乳酸	0.91 <sup>a</sup>	0.38 <sup>b</sup>	1.36	1.37
酢酸	0.21	0.17	0.56	0.52
プロピオン酸	0	0	0	0
酪酸	0	0	0	0.02
VBN (%TN)	6.4 <sup>a</sup>	4.7 <sup>b</sup>	8.3 <sup>a</sup>	6.7 <sup>b</sup>
V-SCORE	97 <sup>b</sup>	100 <sup>a</sup>	91	92
ピンホール発生 ロール割合 (%)	29	50	0	33
カビが発生した ロールの割合 (%)	14	50	40	100
カビによる 廃棄割合 (%)	0.1	2.7	<0.1	0.9

原料草：「涼風」2番草（出穂始期）

刈取り：2013年10月28日、モーアコンディショナ（降雨10月29日午後）

収穫：10月31日、ロールベアラ+ベールラッパ（8層巻）

開封調査：2014年11月17日

・反転作業なし：反転を行わずに予乾して梱包

・反転作業あり：反転して予乾を促進し梱包

V-SCORE：不良<60, 60≤可<80, 80≤良

カビによる廃棄割合 (%)：廃棄重量/ロール重×100

（表層の観察から取り除いた量）

#### ④ディスクモーアとロールベアラによる収穫体系

モーアコンディショナによる刈取りができない場合は、ディスクモーアによる刈取りを行います。この場合、反転・集草作業時の作業機への負荷を軽減する方法として2段刈りを行う方法（写真8）もありますが、通常の1回刈り（1段）では反転を増やす必要があります。また、ディスクモーアで刈り取った場合、反転・集草作業時の土砂の混入を防ぎ切れません。酪酸が生成されないようにするためには、ロールベールの目標水分を50%以下とします（図8）。



写真8. ディスクモアによる「涼風」の収穫体系.

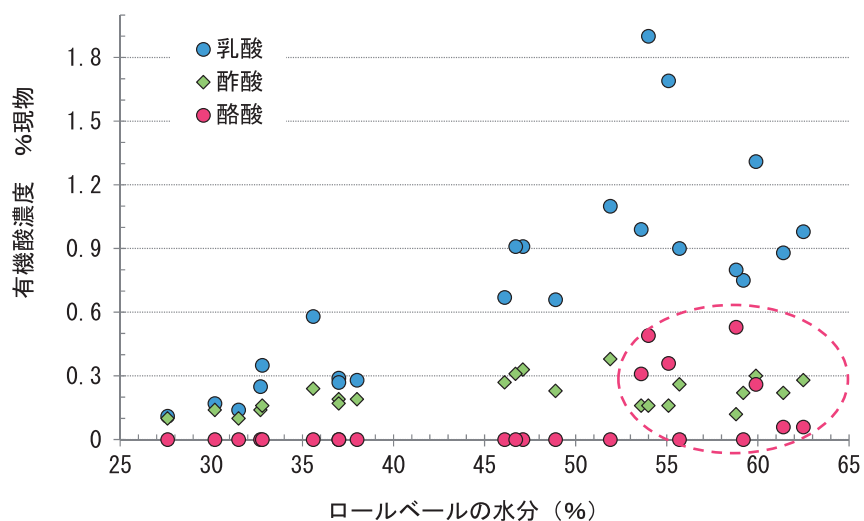


図8. 反転・集草を行って調製したスーダン型ソルガムロールベールサイレージの水分と有機酸濃度の関係.

### ⑤ 予乾をしないダイレクト収穫体系

密植栽培をしたソルガム「涼風」の収穫は、予乾をしないでダイレクトに収穫する体系によっても可能です(写真9)。ダイレクト収穫体系は、フレール型収穫機を用いて刈取り・ロールベール調製を行う方法と、ロータリ式ロックroppアタッチメントを装着したフォーレージハーベスタと細断型ロールベアラの組作業でロールベール調製を行う方法があります。これらの収穫体系により、作業の省力化が図れる(表3)とともに、土砂の混入を防ぐことができ、良質サイレージ調製にも効果があります(表4、写真10)。



また、ダイレクト収穫体系では水分含量を少しでも低下させるため、止め葉期よりも出穂始め期が収穫適期になります。さらに、収穫時の乳酸菌製剤の添加により、サイレージ品質の安定が図れます。



写真9. ソルガム「涼風」のダイレクト体系による収穫調製と予乾調製.

(左上) フレール型収穫機によるダイレクト収穫作業、(右上) フレール型収穫機による予乾収穫作業、(左下) フォーレージハーベスタによる収穫、(右下) 細断型ロールベアラによるロールベール調製作業.

表3. フレール型収穫機を用いた「涼風」の予乾体系およびダイレクト体系による作業時間.

試験区	作業時間 (梱包作業除く)	乾物収量(kg/10a)		
		1番草	2番草	合計
予乾体系	38分/10a	907	328	1,235
ダイレクト体系	20分/10a	938	704	1,642

予乾体系はディスクモアにより刈り取り、2日間予乾後に、フレール型収穫機でロールベール調製。ダイレクト体系の1番草はフレール型収穫機により刈り取り、ロールベール調製、2番草はフォーレージハーベスタで刈り取り、細断型ロールベアラでロールベール調製。耕種概要は、5月中旬に8kg/10a散播。施肥(10a当たり)は堆肥3t、化成肥料(14-14-14)60kg。出穂始期に収穫。

表 4. フレール型収穫機を用いて予乾体系およびダイレクト体系により収穫された「涼風」のサイレージ品質.

番草 調製機械	調製方法	水分含量 (%)	pH	有機酸含量(FM%)				VBN/TN (%)	V-score (点)	粗灰分 (DM%)	硝酸態窒素 (mg/kg/DM)
				乳酸	酢酸	プロピオン酸	ノルマル酪酸				
1番草	予乾体系	73.4B	4.49a	0.65	1.34	0.05	0.58	9.2a	60.6	26.0A	43.6
フレール型	ダイレクト体系	80.0A	4.23b	0.45	1.54	0.04	0.12	4.8b	79.6	12.4B	32.4
2番草・細断型	ダイレクト体系	76.6	3.68	1.86	0.87	0.02	0.01	2.5	94.0	9.3	156.3

収穫方法、耕種概要等は表3に同じ。異符号間に有意差ありA/B=0.01、a/b=0.05(Studentのt検定)。



写真10. ソルガム「涼風」のダイレクト体系および予乾体系により収穫調製されたロールベールの比較.

(左上) フレール型収穫機によるダイレクトロールベール、(右上) フレール型収穫機による予乾ロールベール、(左下) 細断型ロールベールによる2番草ダイレクトロール、(右下) 通常ロールベールによる予乾ロール。

#### ⑥ モーアコンディショナとフォーレイジハーベスタによる収穫体系

モーアコンディショナで刈り取り、反転・集草を行わずに予乾し、ピックアップヘッドを装着したフォーレイジハーベスタと細断型ロールベールの組作業で収穫することもできます(写真11)。この場合の目標水分は65~70%程度で、刈り取った翌日に収穫します(図9)。

モーアコンディショナで刈取り



①

带状に排出



茎を圧砕



②ピックアップ、細断、梱包



③密封

写真 11. モーアコンディショナとフォーレイジハーベスタによる「涼風」の収穫体系.

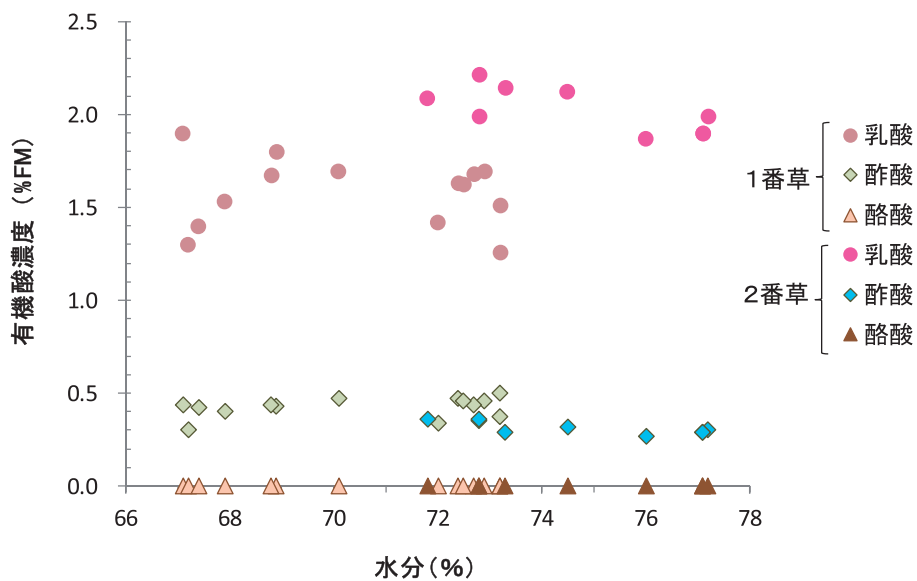


図 9. モーアコンディショナとフォーレイジハーベスタによる収穫体系で反転と集草作業を行わずに予乾して調製した「涼風」サイレージの品質.

#### 4) 牛への給与

ロールベール調製後、約1か月半で安定したサイレージになります。「涼風」のロールベールサイレージは、発酵品質に優れ、チモシー乾草と同等の嗜好性です（写真12、図10、表5）。ただし、中性デタージェント繊維（NDF）含量やルーメン内での乾物消失率のデータからは、水分60%前後の中水分のロールベールを調製する場合には反転作業により葉の脱落が進み、栄養価が低下することが示唆されます（表5）。このことから、中水分のロールベールサイレージを調製する場合には、テッドやレーキの回転速度を落とすことにより、葉の脱落を防ぐ必要があります。



写真12. ソルガム「涼風」のロールベールサイレージの給与。  
（左）ダイレクトサイレージ給与、（右）通常予乾ロールの給与

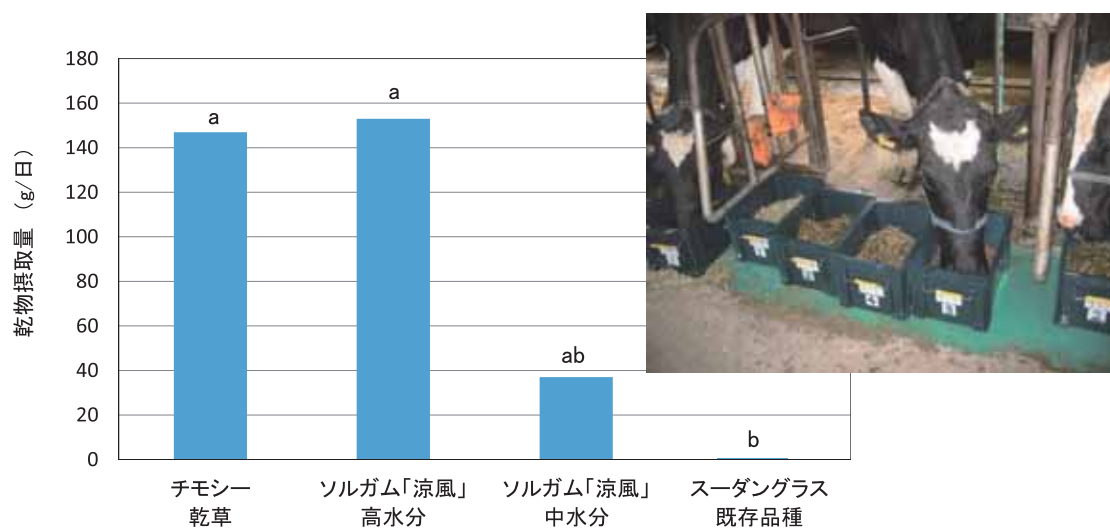


図10. 嗜好性試験の乾物摂取量.

試験は新潟県農業総合研究所畜産研究センターにおいて2013年に実施。試験に供試した「涼風」およびスーダングラスのサイレージは同センター内圃場において生産。播種日2013年5月24日、収穫日同年8月7日。水分調整は刈取り後の反転で調整。供試家畜は搾乳牛7頭（体重690±107kg、乳量24±11kg）、実験方法はオミット式カフェテリア方式により、7日間の馴致後、連続3日間午前10:30から15分間試験を実施。給与方法は4種類の試験飼料を同形同色のプラスチックコンテナに乾物換算で500gを入れ、個体ごとに乱数表を用いてランダムに配置、給与。供試した飼料の成分等は表5の通り。

表5. 嗜好性試験に用いられた飼料の成分等.

草種	水分	pH	V-スコア	$\beta$ カロテン	CP	EE	aNDFom	ADL	乾物消失率
	(%)			mg/kg(DM)			DM %		(%)
チモンー乾草	13.3	-	-	3	11.9	2.2	68.1	6.5	54.7 B
涼風 高水分	70.6	4.28	87.8	41	12.7	2.6	64.8	5.0	62.0 A
涼風 中水分	56.1	4.27	98.3	17	10.7	2.0	69.9	4.1	59.9 AB
スーダングラス	68.4	4.27	86.8	16	7.3	1.1	65.8	6.1	54.2 B

スーダングラスは既存品種。乾物消失率は、第一胃内において24時間培養後の消失率、異符号間に有意差あり。

堆肥の連用量が多い（おおむね年5 t/10a 以上）圃場では、収穫物の硝酸態窒素濃度が高まる可能性がありますので、給与の前に硝酸態窒素濃度をチェックしておきます。また、反転作業時に、土砂の混入があると、発酵品質や採食行動に影響することもあり、できるだけ土砂の混入を防ぎます。さらに、乳酸菌資材等の添加も、発酵品質向上に効果があるとされています。

スーダン型ソルガムの「ながもの」（写真13）に慣れていない牛群に「涼風」のロールベールサイレージを給与する場合には、サイレージをベールカッター等で細断して給与してください（図11、写真14）。また、水分80%近い高水分の粗飼料は乾物摂取量を低下させやすいので、「涼風」についてもダイレクト収穫により調製された高水分サイレージの給与に当たっては、TMR 調製等により、他の飼料と組み合わせ水分を調整して給与することにより、乾物摂取量を低下させないようにします。



写真13. スーダン型ソルガムの「ながもの」に慣れている牛群での給与例.

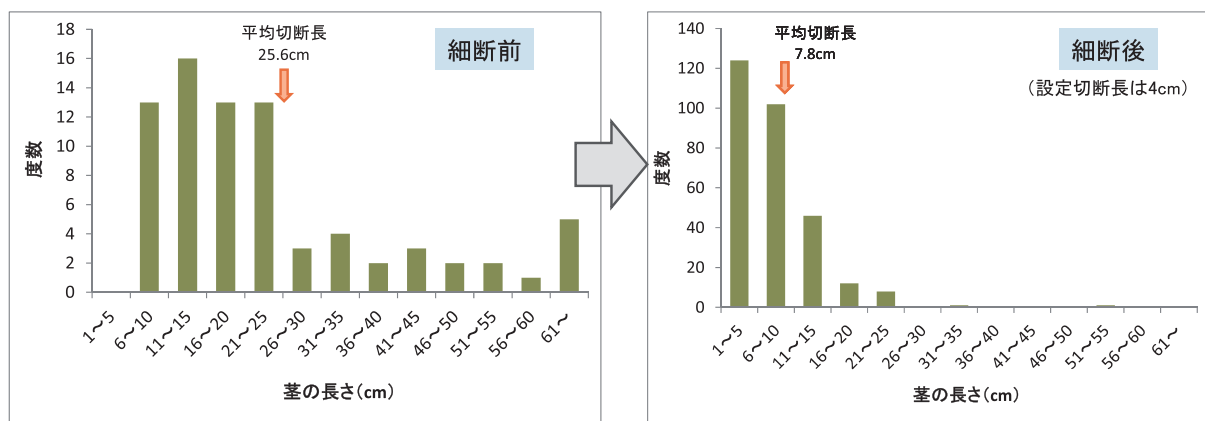


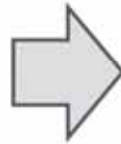
図11. 市販ロールベールカッターにより「涼風」を細断した場合の切断長分布の変化.



ロールベールカッタ



細断前



細断後

写真14. ロールベールカッターによる「涼風」のサイレージの細断.

#### (4) イタリアンライグラスの栽培・利用

##### 1) イタリアンライグラスの播種

ここでは、イタリアンライグラスとして、主に試験で供試した品種「優春」を例に栽培方法を記載します（積雪地では、雪腐れが懸念されるため品種「ナガハヒカリ」が適しています）。イタリアンライグラスの播種晩限は、高標高地や積雪地では10月上旬です（図12、表6）。晩限以降の播種ではイタリアンライグラスの越冬性が低下し、収量の確保が難しくなります。一方、温暖地におけるイタリアンライグラス栽培では早播きによりいもち病のリスクが高まるため、9月下旬から10月中旬が播種適期となります（図13）。

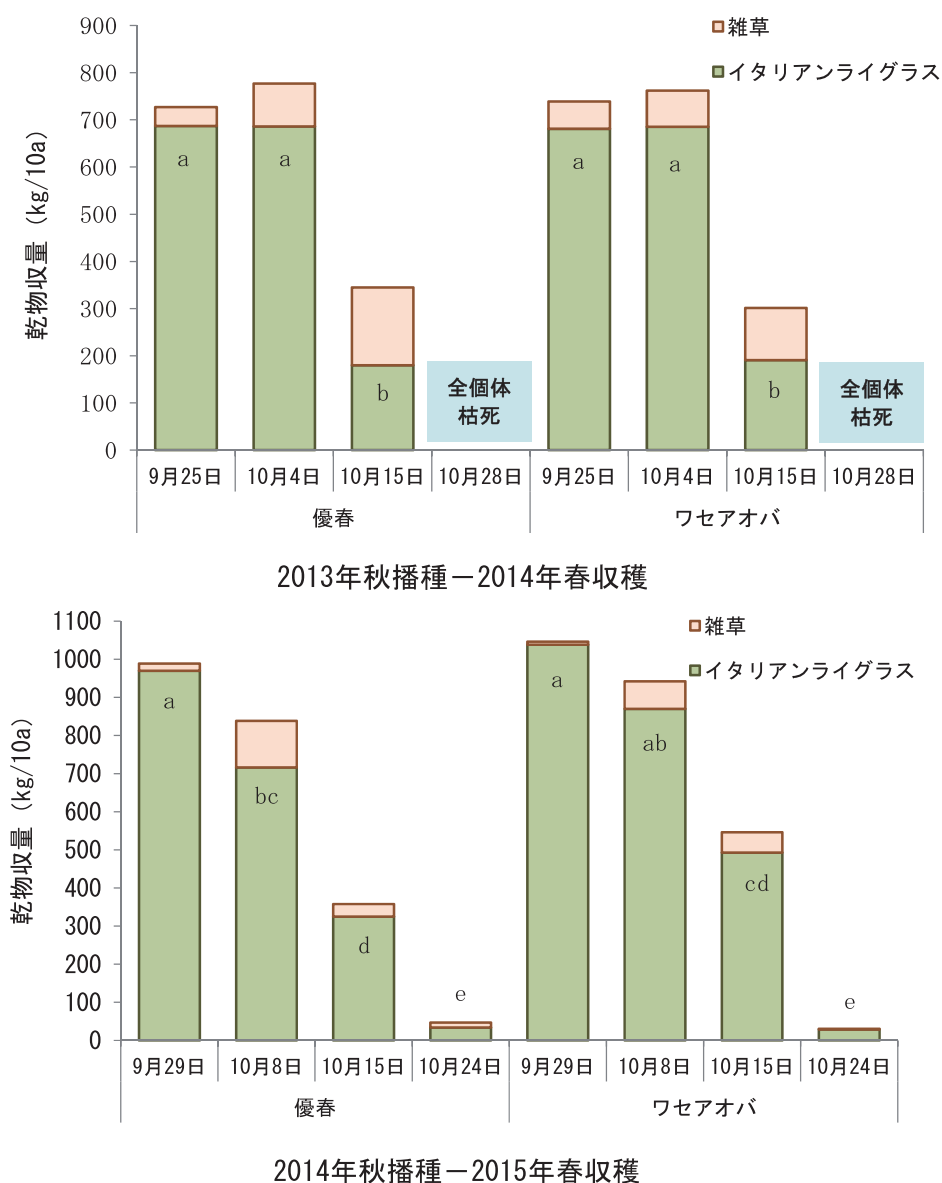


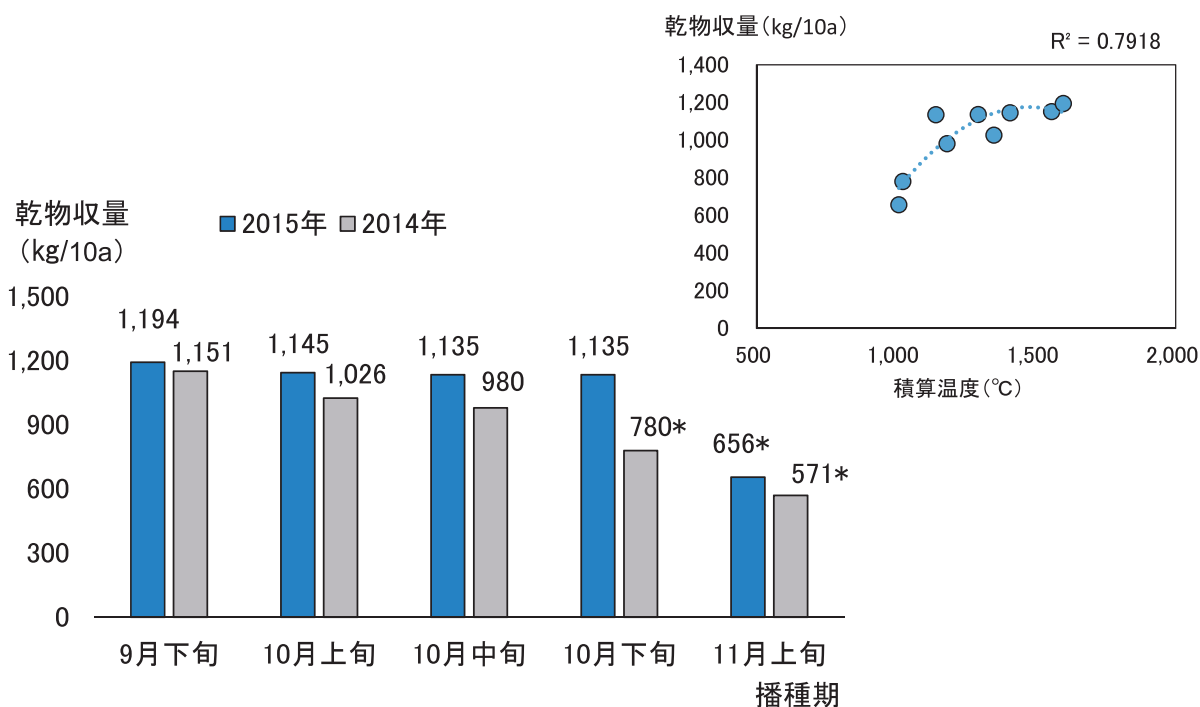
図12. 高標高地におけるイタリアンライグラスの播種限界（長野県畜産試験場内標高760m）。

各年次、2反復試験。異文字間に有意差あり（ $P < 0.05$ 、Tukey法）。

表 6. 積雪地における冬作草種の播種時期が越冬前および越冬後の生育に及ぼす影響（試験地：新潟県農業総合研究所畜産研究センター）。

播種月日	草種・品種	越冬前		越冬後	
		草丈	茎数	刈取前草丈	乾物収量 (1番草)
		cm	本/m <sup>2</sup>	cm	kg/10a
9月29日	ライムギ「ハルミドリ」	27	236	156	644
	ライムギ「春一番」	25	181	156	642
	イタリアンライグラス「ナガハヒカリ」	43	200	95	473
10月9日	ライムギ「ハルミドリ」	15	189	132	397
	ライムギ「春一番」	17	183	132	382
	イタリアンライグラス「ナガハヒカリ」	20	211	85	503

播種日：2014年9月29日、10月9日  
 基肥：堆肥2t/10a、播種前施肥 N6kg/10a(草地化成212)  
 播種量：ナガハヒカリ 2.5kg/10a、ハルミドリ、春一番 7kg/10a  
 刈取り日：2015年5月14日、イタリアンライグラス出穂期刈取り



注\*)は9下区に対して5%水準で有意差あり(Dunnett法)

図 1 3. 温暖地におけるイタリアンライグラスの播種限界（作期移動による乾物収量の変化と積算温度との関係：群馬県畜産試験場）。

ソルガム「涼風」の収穫後にイタリアンライグラスを栽培する場合は、できれば土壤診断を行い、その結果を参考に、地域の施肥基準に合わせた施肥を行います。堆肥および基肥の施用後、ディスクハロ等を用いて土壤と混和します。ディスクハロによる播種床の造成はロータリ耕による場合と比較して収量に差はなく、作業時間を半減させることが可能です（表 7、写真 15）。播種量は 10a 当たり 2～3 kg とし、ブロードキャスタか散粒機で行います。降雨を予測して、作業計画を立て、播種後の鎮圧を丁寧に行うことが斉一な発芽を得るためのポイントです。



表7. 耕起法がイタリアンライグラスの生育・収量に及ぼす影響.

耕起法	株数 本/m <sup>2</sup>					乾物収量 kg/10a				
	年次 (播種年)					年次 (収穫年)				
	2013年	2014年	2015年	2015年	平均	2013年	2014年	2015年	2015年	平均
	前作物					前作物				
トウモロコシ	密植 ソルガム	密植 ソルガム	トウモロコシ		トウモロコシ	密植 ソルガム	密植 ソルガム	トウモロコシ		
ロータリ (慣行)	685	560	880	522	662	592	873	736	811	753
ディスクハロー	663	556	883	449	638	573	804	752	898	757
t 検定	NS	NS	NS	NS		NS	NS	NS	NS	

各試験は4反復実施. 播種後鎮圧. t 検定: NS (有意差なし)



写真15. イタリアンライグラスにおける播種作業の省力化.

## 2) イタリアンライグラスの収穫

収穫は高標高地と積雪地で翌年の5月上～中旬、温暖地で4月下旬～5月上旬に出穂始め～穂揃い期の生育ステージで行います。この時期のTDNは62%以上で、栄養価と嗜好性が良好です (表8)。

表8. イタリアンライグラスの飼料成分・栄養価.

試験番号	年次	生育ステージ	飼料成分 (%DM)					TDN (%DM)	NO <sub>3</sub> -N (%DM)
			粗蛋白質	粗脂肪	NFC	NDF	粗灰分		
1	2013年	出穂始期	14.9	3.6	31.8	43.3	10.4	62.2	0.02
2	2014年	出穂期	9.9	2.3	31.5	49.5	7.9	63.7	0.03
3	2014年	穂揃期	9.4	2.3	33.6	48.2	7.8	64.5	0.01

品種: 優春 播種量: 3kg/10a・散播 カルチパッカにより鎮圧

播種: 試験1 前年9月25日、試験2 前年10月2日、試験3 前年9月24日

TDN: 2001年版NRC乳牛飼養標準の方法で推定

### ①ロールベールによる収穫

ロールベールの目標水分は50%以下です (図14)。晴天が続く場合、モーアコンディショナで刈り取り、反転作業を1回行えば、翌日午後にはロールベール収穫が可能です (写真16上段)。ディスクモーアによる刈り取りでは、反転作業1回で2日

後にロールベール収穫を行います。密封後約1か月半で安定したロールベールサイレージになります。

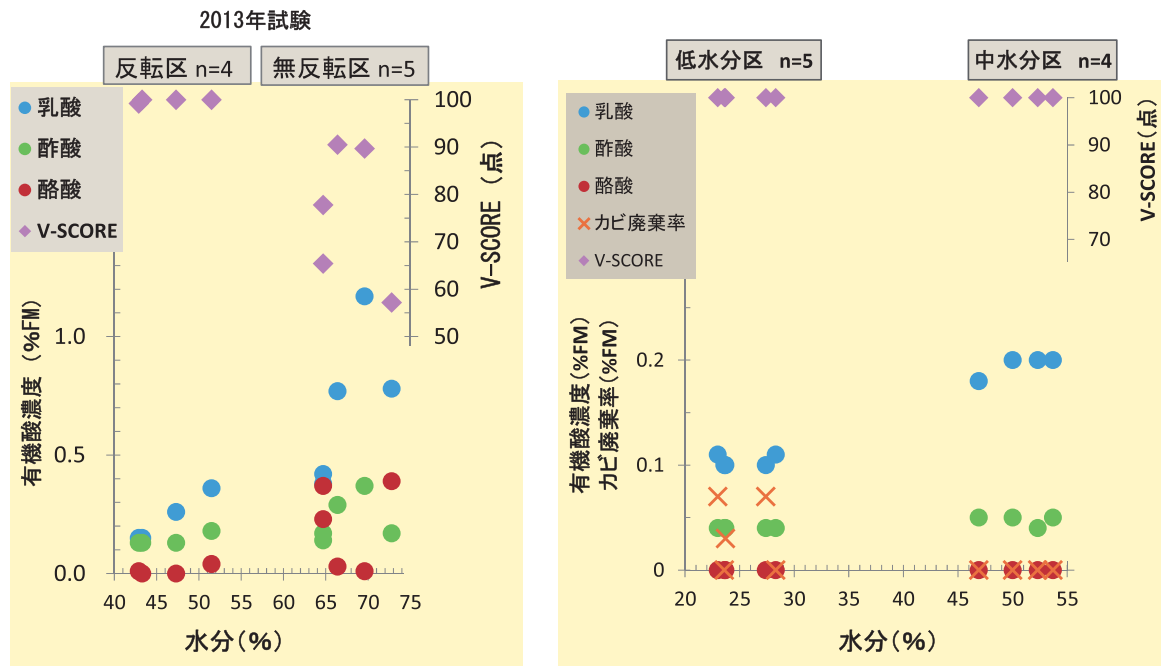


図 1 4. イタリアンライグラスロールベールサイレージの水分と発酵品質の関係。



写真 1 6. イタリアンライグラスの収穫体系。

## ②細断型ロールベアラによる収穫

イタリアンライグラスはピックアップヘッドを装着したフォーレイジハーベスタと細断型ロールベアラを組み合わせた作業体系でも収穫できます（写真16下段）。この場合、モアコンディショナで刈り取ることにより原料草が帯状に排出されるので、そのまま反転せずに予乾すれば集草を行う必要がありません。晴天が続けば翌日には水分が65%前後に低下し、フォーレイジハーベスタで拾い上げて細断し、併走の細断型ロールベアラで梱包すれば、良質な予乾サイレージを調製できます（図15）。ただし、水分が低下し過ぎると、細断型ロールベアラ内で原料草の送りが不十分となり、トラブルの原因となるので、注意が必要です。

この収穫体系ではモアコンディショナを用いた刈取りによって反転・集草作業を省略でき、作業能率が向上します。さらに、反転・集草作業を行わないことから土砂の混入を防ぐことができ、不良発酵を回避することができます。

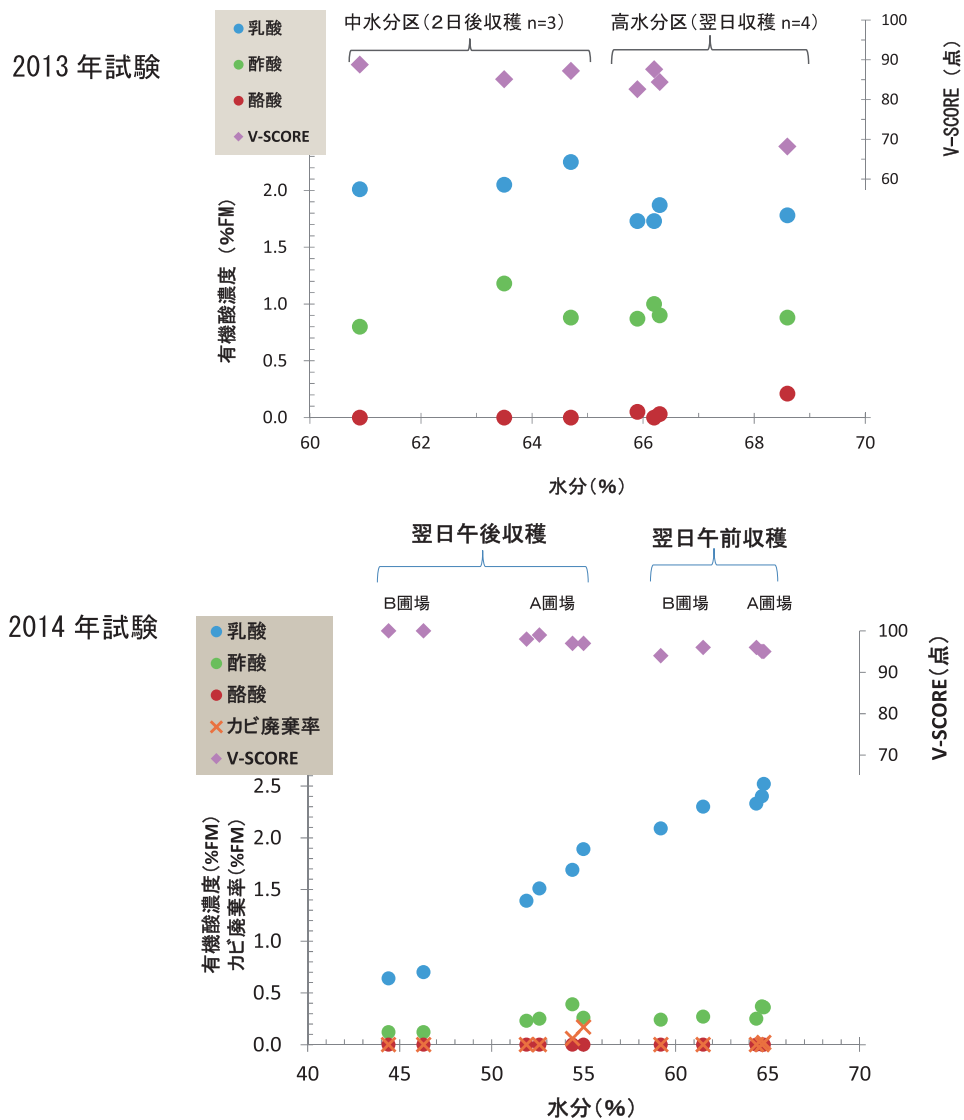


図15. イタリアンライグラス細断型ロールベアラサイレージにおける水分と発酵品質の関係.

## (5) 作業能率

長野県畜産試験場の保有機械（主要な機械はモアコンディショナ（刈取り幅220cm）、ロールベアラ（カッティングモード、ロール径100cm））で行った場合の延べ作業時間は10a当たり381分でした（図16）。この作業時間は従来の獣害回避の慣行栽培であるソルゴー型ソルガム年1作と同等でした。また、長野県伊那市の酪農家における実証試験（主要な機械はディスクモア（刈取り幅315cm）、ロールベアラ（ベールラッパー体型、カッティングモード、ロール径120cm））で行った場合の延べ作業時間は10a当たり229分でした。この値は、長野県農業経営指標（2008年版）におけるトウモロコシ単作に要する作業時間（474分/10a）よりも50%以上少ない値でした。この事例から、圃場作業に従事可能な時間が1日当たり6時間、作業員が1名である場合、1日当たりのロールベアラ収穫可能面積はソルガム「涼風」が1.5ha、イタリアンライグラスが2.8haと計算されます。

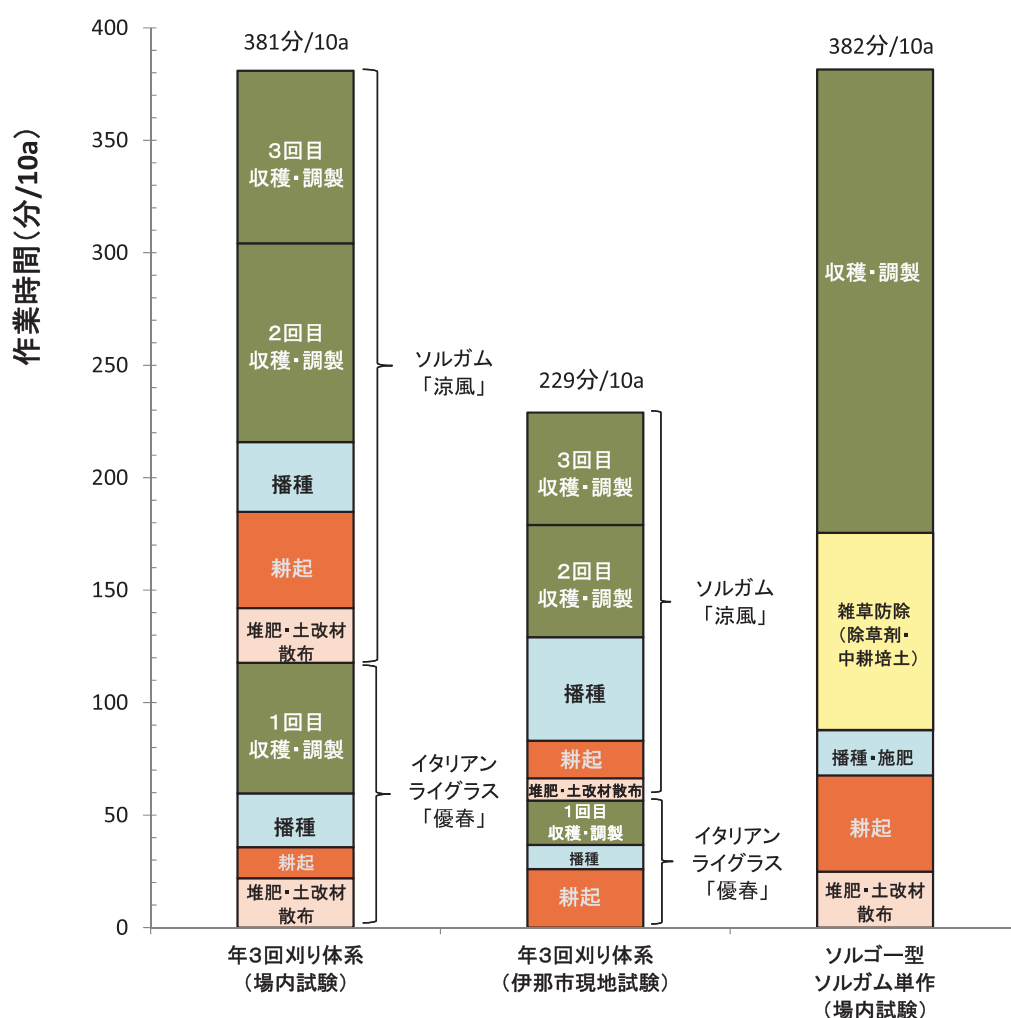


図16. ソルガム「涼風」とイタリアンライグラス「優春」を組み合わせた年3回刈り栽培体系と獣害回避の慣行栽培であるソルゴー型ソルガム「スーパーシュガーソルゴー」年1作体の作業時間の比較.

## (6) 収益性

本栽培体系の収益性について試算を行うと(表9、10)、獣害を避けるために、トウモロコシ主体の自給飼料生産から「涼風」+イタリアンライグラスの年3回刈り栽培主体の自給飼料生産に切り替えた場合、TDN 1 kg 当たりの自給飼料生産費および生乳 1 kg 当たりの生産費はそれぞれ 15%および4%低減できると試算されます(図17)。

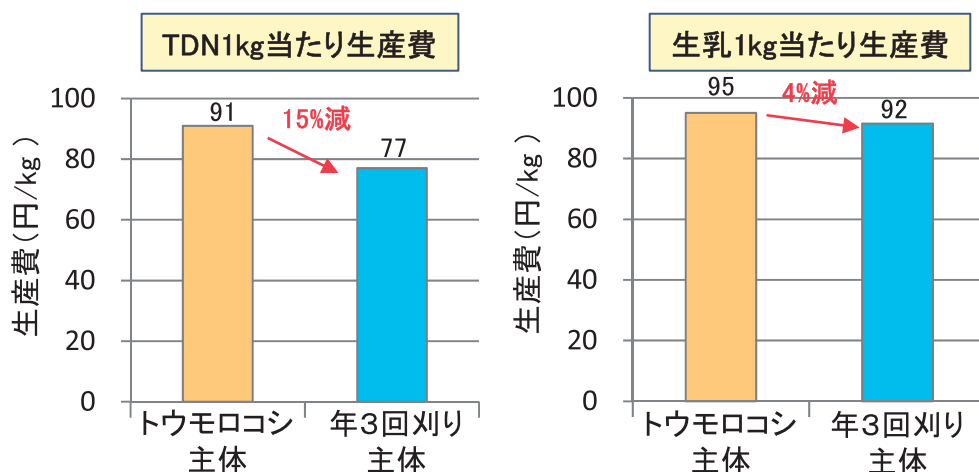


図17. 酪農経営モデルにおいてトウモロコシ主体の自給飼料生産と「涼風」+イタリアンライグラス年3回刈り栽培を中心とした自給飼料生産を行った場合の自給飼料 TDN 1 kg 当たり生産費および生乳 1 kg 当たり生産費。

表9. 収益性の試算に用いた酪農経営計画モデルの前提条件.

経営形態	家族経営(主労働1人、補助2人、研修2人)
飼養頭数	経産牛73頭、育成牛27頭(うち10頭預託@25~30万円)
生乳生産	630kl/年(8,300kg/頭)、平均乳価110円/kg
個体販売	乳オス15頭@35千円、経産牛10頭@100千円
乳牛飼養の作業労働	6時~9時:給餌・搾乳・排泄物処理(経営主3時間、研修生2名*2時間)
	15時~19時:同上(経営主3時間、研修生2名*3時間)
	食品加工残渣加工(父延べ3時間)、哺乳(母1.5時間)
飼料生産可能な労働時間	供給可能労働5時間/日/人 農繁期最大7時間/日/人
飼料基盤	飼料畑8ha(トウモロコシ単作6ha、トウモロコシ-イタリアンニ毛作2ha、永年草地7.5ha、WCS用稲3ha)
新たな飼料生産技術	獣害のあるトウモロコシを【涼風2回-イタリアン収穫】体系に転換。
収穫調製方法	トウモロコシ:タワーサイロ+バンカー+細断ロールペール その他の作物:ロールペール体系
合理的な飼料生産の考え方	必要なDM, TDN, CPを満たしつつ、経済的な飼料生産または飼料購入を行う
排せつ物処理	牧草地1.5t/10a、トウモロコシ畑7t、WCS用稲圃場1t、ソルガム3.5t還元。還元できない堆肥は1,000円/tで処分

表 10. ソルガム「涼風」＋イタリアンライグラス年3回刈り栽培体系導入の収益性試算.

		シナリオ 1	シナリオ 2	シナリオ 3	シナリオ 4	シナリオ 5
		自給飼料なし	トウモロコシ イタリアン 永年生牧草	トウモロコシ イタリアン 永年生牧草 イネWCS	「涼風」 イタリアン 永年生牧草 イネWCS	「涼風」 イタリアン イネWCS
選択可能な 自給飼料	永年牧草	なし	あり (7.5ha)	あり (7.5ha)	あり (7.5ha)	あり (制約なし)
	トウモロコシ単作	なし	あり	あり	あり	あり
	トウモロコシ＋イタリアン	なし	あり	あり	あり	あり
	イネWCS	なし	なし	あり (3ha)	あり (3ha)	あり (制約なし)
	「涼風」＋イタリアン連続栽培	なし	なし	なし	あり	あり
飼養頭数	経産牛	73	73	73	73	73
	育成牛	17	17	17	17	17
	生乳出荷量 (kg)	630	630	630	630	630
販売額	生乳販売 (千円)	69,300	69,300	69,300	69,300	69,300
	個体販売 (千円)	1,525	1,525	1,525	1,525	1,525
[最適解]						
飼料作付・ 利用面積 (a)	永年牧草	-	750	750	750	0
	トウモロコシ単作	-	360	252	0	0
	トウモロコシ＋イタリアン	-	649	706	0	0
	イネWCS	-	-	300	300	1,050
	「涼風」＋イタリアン連続栽培	-	-	-	667	903
飼料生産量 (TDN-t)			155.4	164.4	138.8	161.7
飼料購入量 (TDN-t)		350.2	194.8	185.8	211.4	188.5
うち乾草 (t)		241	0	0	6	0
うち配合飼料 (t)		281	263	251	281	255
飼料自給率 (%)		0	44.4	46.9	39.6	46.2
自給飼料 生産費	合計 (千円)	-	14,880	14,939	10,756	10,402
	TDN 1kg 当たり (円)	-	96	91	77	64
物財費	合計 (千円)	48,446	48,431	47,786	45,674	43,461
	生乳 1kg 当たり (円)	77	77	76	72	69
労働時間	計 (時間)	7,483	8,043	8,094	8,015	8,073
	うち飼料生産 (時間)	-	561	612	533	591
費用合計	農場計 (千円)	59,670	60,496	59,928	57,697	55,571
	経産牛 1頭 当たり (千円)	817	829	821	790	761
	生乳 1kg 当たり (円)	95	96	95	92	88
所得 (千円)		20,887	21,720	22,360	23,916	25,730
労働報酬額 (円/日)		22,331	21,603	22,099	23,870	25,496
排せつ物外部処理 (t)		1,491	672	678	1,115	1,069

注) A牧場の飼料生産実績をもとに各飼料作物の技術係数を分析し、A牧場の飼養管理、給餌実績を踏まえて、数理計画法による自給飼料型の酪農経営計画モデルを構築し、農研機構経営管理システム開発の線形計画モデルLPLを用いて行った試算結果である。

## 4. スーダン型ソルガム新品種「峰風」を活用したトウモロコシ・ソルガム混播2回刈り栽培体系

- トウモロコシ・ソルガム混播2回刈り栽培は、春の1回の播種で夏秋2回の収穫が可能になる省力的な栽培体系です。
- ソルガム新品種「峰風」とトウモロコシ極早生品種を組み合わせる混播2回刈り栽培は、従来の混播栽培や二毛作よりも1番刈りの収穫期が2週間以上早く、作期分散が可能のため、コントラクターの受託面積の拡大に有効です。
- 「峰風」とトウモロコシ極早生品種の混播2回刈り栽培における年間合計TDN収量は二毛作と同水準以上で、単位面積当たりの労働時間は二毛作に比較し約3割削減可能です。

### (1) 栽培体系のねらいと技術的なポイント

トウモロコシとソルガムの混播栽培は、春の1回の播種で夏秋2回の収穫が可能な省力的多収栽培技術として1980年代から各地で導入されています。今では、種苗会社のカタログにもソルガムの栽培技術の一つとして紹介されており、関東以西の温暖地および暖地における一般的な栽培方法として普及しています。関東地方では茨城県や千葉県等で広く利用され、茨城県では200ha、千葉県では50ha規模でコントラクターにより作付けあるいは収穫されています。

関東地方におけるトウモロコシとソルガムの混播栽培では、相対熟度(RM)110~120程度の早生から早中生品種のトウモロコシとソルゴー型または兼用型ソルガムを4月中旬から下旬に同時に播種し、1番刈りはトウモロコシの黄熟期にあわせてトウモロコシとソルガムを同時に収穫します。2番刈りは、11月中旬から12月上旬にソルガム再生草を被霜による水分調整を行った後に収穫する栽培方法がとられます。しかし、茨城県等の関東北部では、気象条件等から2番刈りの収量が安定せず、1番刈りの収穫が遅れた場合には2番刈りの収量が見込めないため、収穫が行われない等の問題も見受けられます。このようなことから、1番刈りを従来よりも早期に刈り取り、2番刈りまでに十分な再生期間を確保することで、年間の合計収量を安定的に確保する栽培体系の導入が必要となっています。

こうしたことから、スーダン型ソルガム新品種「峰風」をトウモロコシとの混播栽培へ導入する試験を行った結果、「峰風」とトウモロコシの極早生品種を用いた混播2回刈り栽培では、1番刈りが8月上旬と従来のトウモロコシとソルガム混播栽培より2週間早く、2番刈りまでの生育期間が確保されること、さらにそのことにより従来の混播栽培や慣行二毛作との作期分散が可能となり、コントラクター等の受託面積の拡大が期待できることが明らかとなりました(図18)。また、「峰風」とトウモロコシの混播2回刈り栽培体系は、慣行二毛作と比較して年間収量が同水準以上(図19)で作業時間が34%削減可能なことも示されました。この栽培体系により2.5t/10a以上の年間合計乾物収量が期待できる地域を導入適地と考えると、導入適地は関東地域中部以南の低標高地と考えられます(図20)。



写真 17. トウモロコシ単播（左）およびトウモロコシ・ソルガム「峰風」混播（右）の比較.

【 慣行栽培体系 】

○トウモロコシ・イタリアンライグラス二毛作

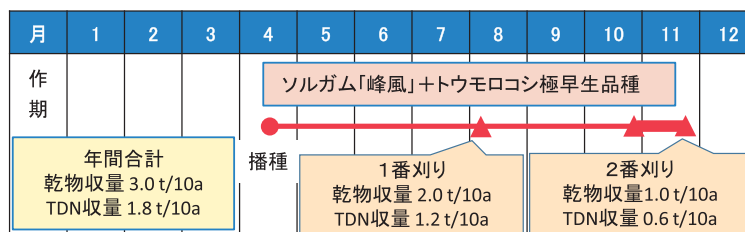
➡ 5月のイタリアンライグラス収穫とトウモロコシ播種、および8月後半から10月のトウモロコシ収穫とイタリアンライグラス播種の年2回の作業集中が発生。

○従来型のトウモロコシ・ソルガム混播栽培（トウモロコシ早生品種＋ソルゴー型ソルガム）

➡ 従来の混播栽培では1番刈りの収穫時期が8月後半となり、二毛作トウモロコシの早刈りの時期に競合。



【 スーダン型ソルガム「峰風」とトウモロコシ極早生品種の混播2回刈り栽培体系 】



● 播種、▲ 収穫、数値は2試験地の2か年平均

○春の1回の播種で夏秋2回の収穫が可能な省力栽培体系。

○「峰風」とトウモロコシ極早生品種と組み合わせることにより、1番刈りを8月上旬に、2番刈りを10月下旬～11月下旬に行うことができ、慣行二毛作や従来のトウモロコシ・ソルガム混播栽培との作期分散が可能。

図 18. 慣行栽培体系と「峰風」とトウモロコシ極早生品種の混播2回刈り栽培体系の比較.



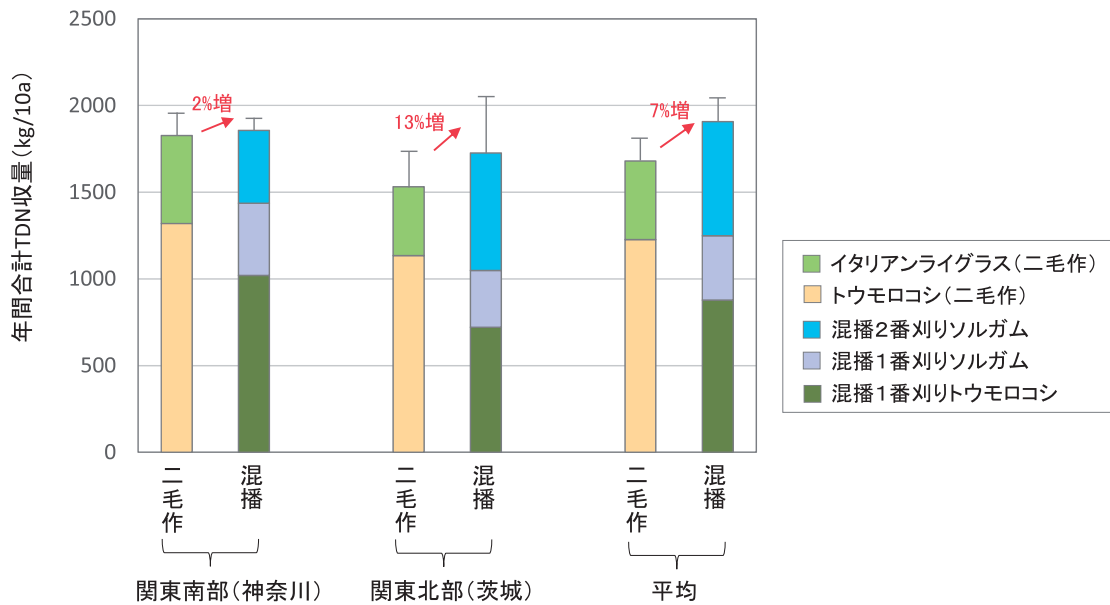


図19. ソルガム「峰風」とトウモロコシの混播2回刈り栽培体系と慣行二毛作の年間合計TDN収量の比較(2か年平均).

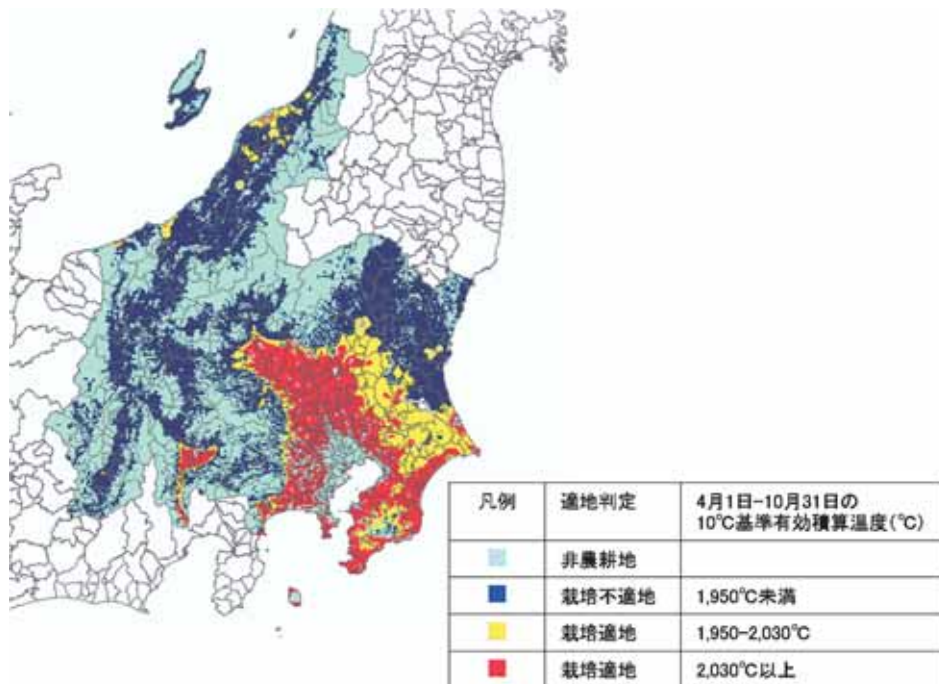


図20. ソルガム「峰風」とトウモロコシの混播2回刈り栽培体系の導入適地.

## (2) 播種

トウモロコシとソルガムの混播栽培を行うための堆肥や土壌改良資材、ならびに化学肥料の施用量は、トウモロコシ単作の場合に準じます。各県の指導基準を参考にするほか、土壌診断に基づく土壌改良資材の施用方法については農業改良普及センターやJAにご相談ください。

ソルガム「峰風」との混播に用いるトウモロコシ品種としては、相対熟度（RM）100前後の極早生品種を用います（図21）。これは、ソルガム「峰風」が初期生育に優れた早生品種であり、その特性を活用し、従来よりも早い時期に1番刈りを行うため、これまで混播に用いられてきたRM110～120前後の品種よりも早生の品種が望ましいということ、また、ソルガム「峰風」と混播する場合、特に関東南部等の温暖な条件ではトウモロコシの早生品種よりも極早生品種の方がトウモロコシの乾物収量、特に雌穂の収量が高くなるためです。また、関東北部においては、トウモロコシの極早生品種を用いた方が1番刈り後のソルガムの再生期間が長く確保されるため、年間合計収量が高くなります。

ソルガム「峰風」とトウモロコシ極早生品種の混播栽培における播種時期は、関東甲信越地域では4月上中旬です。目安として、旬別平均気温が13℃程度の時期が混播栽培の播種期として適しています（図22）。播種期の旬別平均気温が13℃を超えると、ソルガム「峰風」がトウモロコシとの競合に勝り、1番刈り中のソルガムの割合が60%程度と高くなります。

播種は、トウモロコシ極早生品種が10a当たり7,000本の栽植密度となる播種量とし、ソルガム「峰風」は0.5kg/10a（栽植密度15,500本/10a程度）の割合で混播します。ソルガム「峰風」をトウモロコシと混播する播種量は、1.0kg/10aよりも少ない0.5kg/10aの方がトウモロコシの雌穂割合が増えるとともに、2番刈りの収量も1.0kg/10a播種の場合と同程度の収量性があることが明らかにされています（図23）。このため、「峰風」の混播は、従来のソルガムの混播播種量である1.0～2.0kg/10aよりも少ない0.5kg/10aが適正播種量と考えられます。

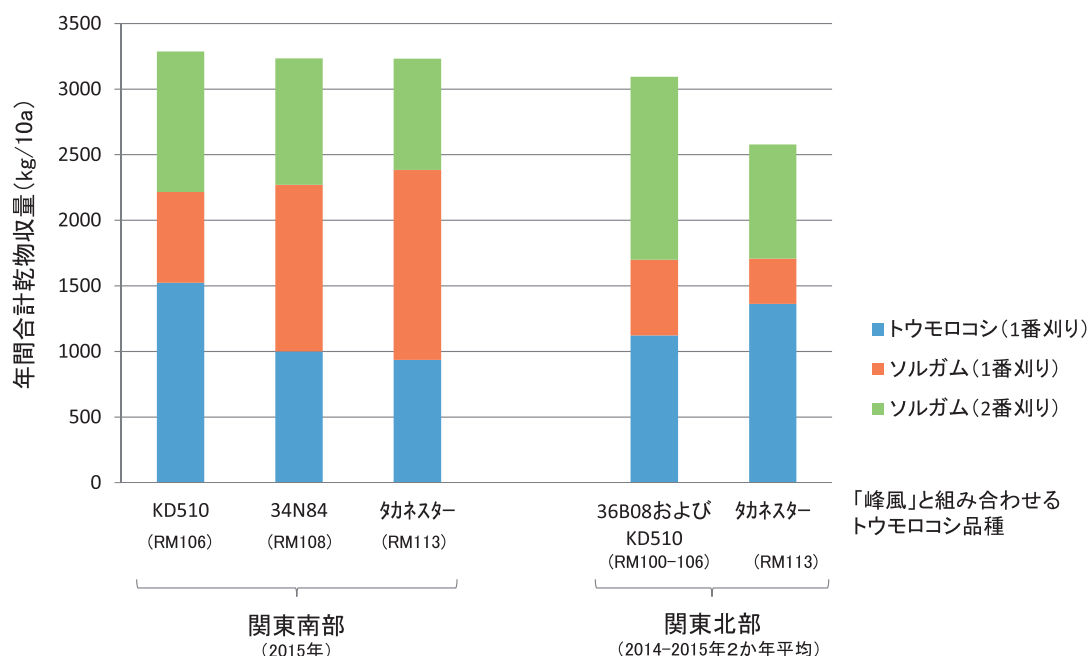


図21. ソルガム「峰風」と組み合わせるトウモロコシ品種の違いが乾物収量に及ぼす影響。

トウモロコシ品種のRM値は相対熟度で早晩性を示した。RM110未満の品種は極早生品種、110以上120未満は早生品種に分類される。

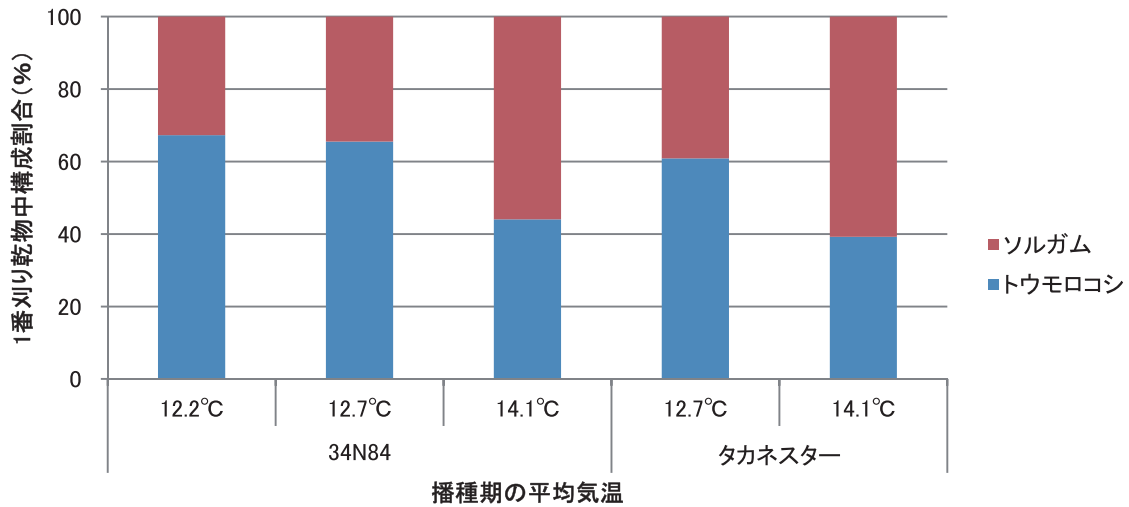


図 2 2. 播種期の平均気温がソルガム「峰風」とトウモロコシ混播における 1 番刈り乾物中の構成割合に及ぼす影響.

試験地：神奈川県畜産技術センター。「峰風」の播種量は 1 kg/10a。播種期の平均気温は、アメダス（海老名）の観測値の旬別の値を示す。1 番刈り乾物収量中のトウモロコシの割合は、播種期の平均気温が 13°C 以下では 60% 以上であったが、14°C を超えると 40% 程度まで低下した。

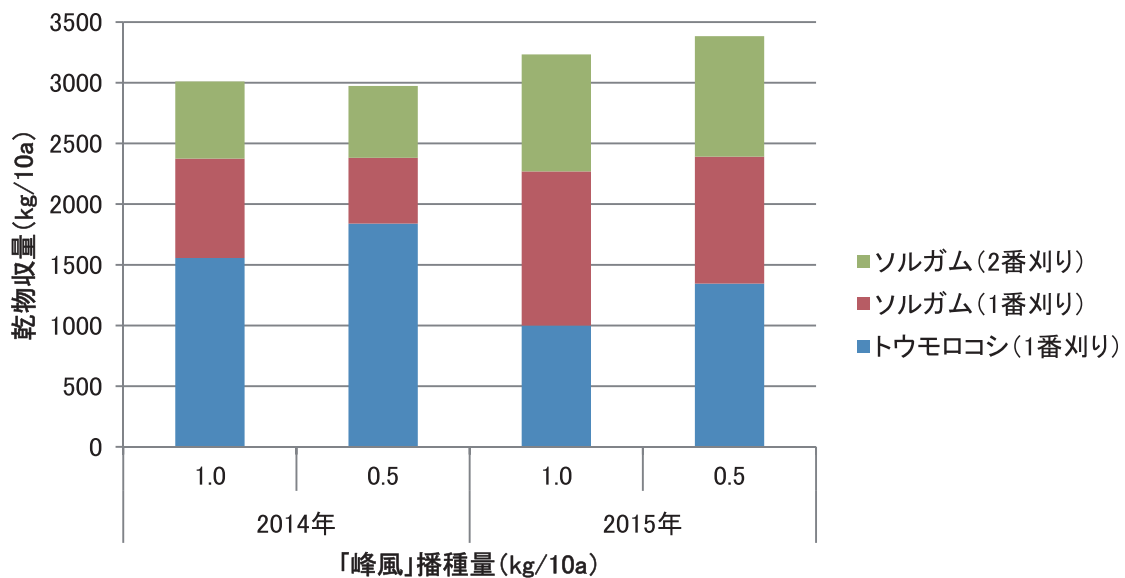


図 2 3. 混播におけるソルガム「峰風」の播種量が乾物収量に及ぼす影響.

試験地：神奈川県畜産技術センター。組み合わせたトウモロコシは「34N84」で、播種期の日平均気温は 2014 年は 12.7°C、2015 年は 14.1°C であった。

播種方法は、ジェットシーダ等のトウモロコシ播種機に市販のソルゴーアタッチ（写真18）を取り付けることでトウモロコシとソルガムを同時に播種できます（写真19）。ソルゴーアタッチがない場合は、トウモロコシ播種機の肥料ホッパに化成肥料とソルガム種子をよく混合して投入することで、ソルガムを肥料とともに播きます。播種後の除草剤散布方法はソルガム栽培の場合に準じ、アトラジン水和剤（ゲザプリムフロアブル）、アトラジン・S-メトラクロール水和剤（ゲザノンゴールド）、ペンディメタリン乳剤（ゴーゴーサン乳剤）等の除草剤を散布します。ただし、アトラジン・S-メトラクロール水和剤は、処理直後に降雨が予想される場合や土壌水分が高い場合には薬害がでることがあり、そのような条件では使用を控える必要があります。



写真18. ソルガム播種用のソルゴーアタッチ



写真19. ソルゴーアタッチを取り付けた4条用（左）および2条用（右）のコーンプランタでのトウモロコシ・ソルガム混播の播種作業.

### （3）収穫

ソルガム「峰風」とトウモロコシ極早生品種の混播栽培における1番刈りの収穫期はトウモロコシの黄熟期にあわせて行います。関東甲信越地域では4月上中旬に播種が行われた場合、7月下旬から8月上旬に1番刈りの収穫適期となります。神奈川県畜産技術センターの試験では、ソルガム「峰風」とトウモロコシ極早生品種「34N84」（RM108）の組み合わせにより、TDN含量62%の1番刈り収穫草が得られています。

また、神奈川県畜産技術センターの試験では、1番刈りを7月30日～8月6日に行った場合、「峰風」の2番刈りの再生草は、9月18日～10月2日に開花始～開

花期、10月29日には糊熟期～完熟期となりました。収穫期を出穂期～開花期から乳熟期～糊熟期まで遅らせることにより、非繊維性炭水化物（NFC）の増加、中性デタージェント繊維（NDF）の低下がみられ、TDNは微増しました（表11）。このように、「峰風」の再生草の糊熟期前後に収穫することで、乾物収量が高く、TDNが微増し、TDN収量も高くなること、さらに、サイレージ調製に適する乾物率となることから、2番刈りでは糊熟期前後の収穫が適すると考えられます（図24、図25）。

なお、ソルガムとトウモロコシの混播栽培では、1番刈り、2番刈りともにトウモロコシの収穫に用いるフォーレージハーベスタ（コーンハーベスタ）等により収穫します（写真20、写真21）。

表11. ソルガム「峰風」再生草の収穫ステージによる飼料成分、NDF消化率、およびTDNの違い。

収穫ステージ	飼料成分(%DM)				NDF消化率 <sup>1</sup> (%)	TDN <sup>1</sup> (%DM)
	CP	NDF	ADL	NFC		
止葉期	15.2	62.1	4.2	13.5	53.9	55.5
出穂期～開花期	10.8	63.2	5.6	17.1	52.0	52.8
乳熟期～糊熟期	8.0	55.2	5.5	28.9	50.2	56.6

1 NRC飼養標準(2001年版)による推定値。

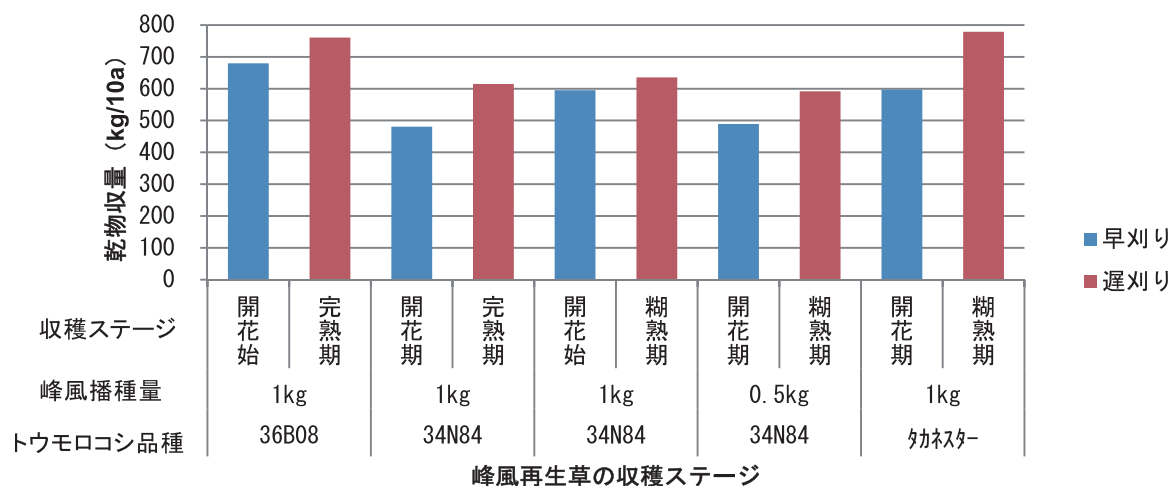


図24. ソルガム「峰風」再生草の収穫ステージが乾物収量に及ぼす影響。

試験地: 神奈川県畜産技術センター。早刈りは開花始～開花期(9/18～10/2)、遅刈りは糊熟期～完熟期(10/29)に収穫した。

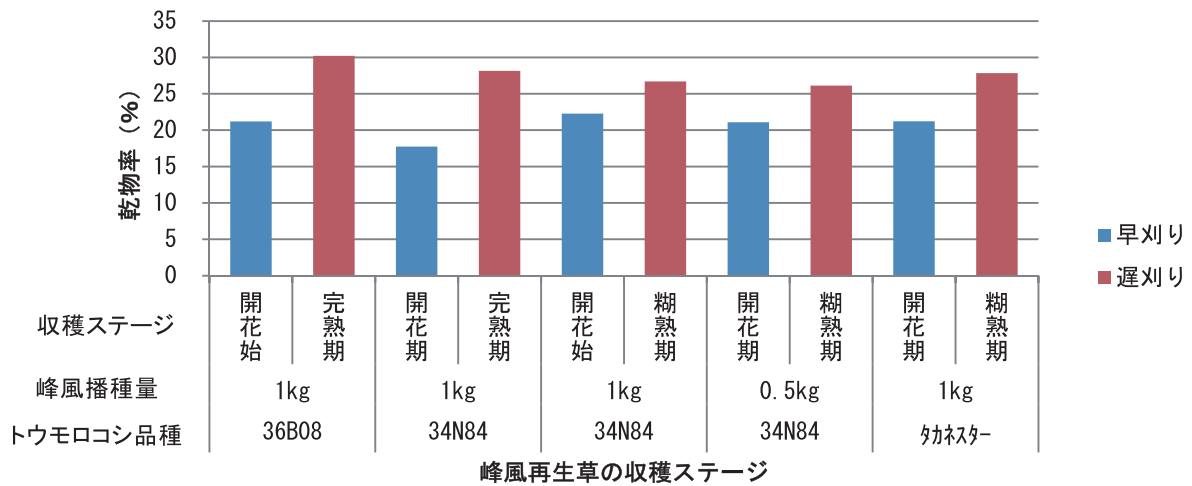


図 25. ソルガム「峰風」再生草の収穫ステージが乾物率に及ぼす影響.

試験地: 神奈川県畜産技術センター. 早刈りは開花始～開花期(9/18～10/2)、遅刈りは糊熟期～完熟期(10/29)に収穫した.



写真 20. 自走式ハーベスタによるトウモロコシおよびソルガムの収穫(茨城県小美玉市).



写真 21. 建設用重機等を用いたスタックサイロでのサイレージ調製(茨城県小美玉市).

#### (4) 収量性

関東南部(神奈川県)における試験では、ソルガム「峰風」とトウモロコシ「34N84」の混播2回刈り栽培の乾物収量およびTDN収量は3,179kg/10aおよび1,856kg/10aで、ソルゴー型ソルガム「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシ「タカネスター」の

従来のトウモロコシ・ソルガム混播より若干収量性は劣りましたが、トウモロコシ「タカネスター」とイタリアンライグラス「優春」の二毛作と比較して乾物収量および TDN 収量は 10% および 2% 多収であり、慣行二毛作と同等の収量が得られます（図 26 左）。また、関東北部（茨城県）における試験では、ソルガム「峰風」とトウモロコシ「KD510」の組み合わせは、従来の混播用のソルガム品種である「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシ「KD510」の組み合わせよりも TDN 収量は低い傾向でしたが、慣行二毛作（「タカネスター」＋「優春」）の TDN 収量より 13% 高い結果が得られました（図 26 右）。以上のような試験結果から、「峰風」の混播栽培は、関東地域では、慣行二毛作栽培と同等以上の TDN 収量が得られるものと考えられます。

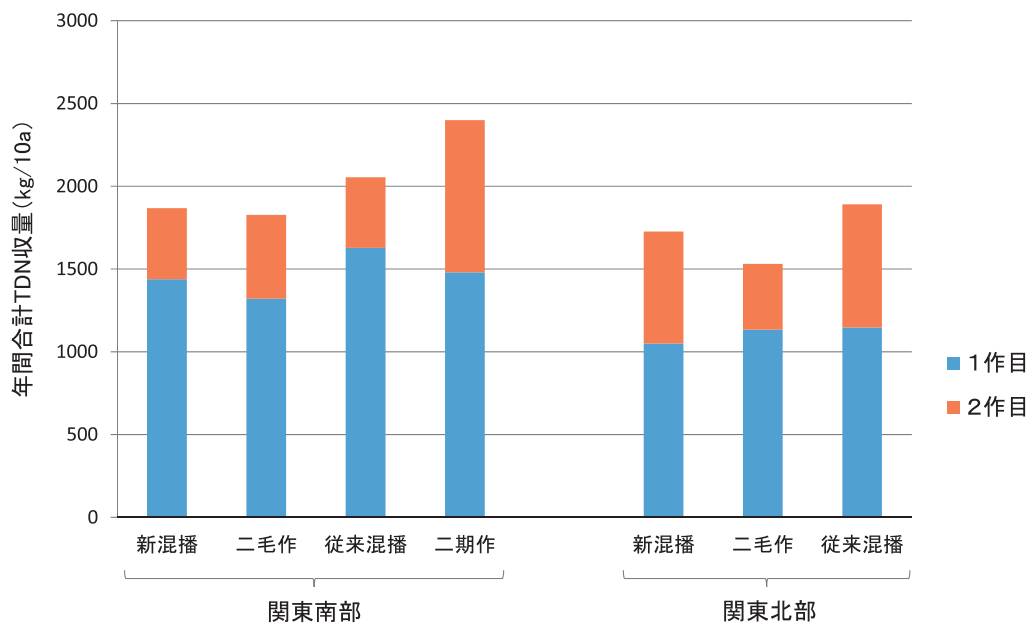


図 26. 栽培体系ごとの TDN 収量の比較.

新混播：開発したソルガム「峰風」とトウモロコシ極早生品種（「34N84」、「36B08」、「KD510」）との混播。  
 二毛作：トウモロコシ「タカネスター」とイタリアンライグラス「優春」の二毛作。  
 従来混播：ソルガム「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシ（「タカネスター」、「36B08」、「KD510」）との混播。  
 二期作：トウモロコシ「KD500」または「KD510」と「30D44」の二期作。  
 図中の判例「1作目」は混播では1番刈り、二毛作ではトウモロコシ、二期作では1作目、「2作目」は混播では2番刈り、二毛作ではイタリアンライグラス、二期作では2作目。

### （5）飼料成分

従来の混播用のソルガム品種の「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシ「タカネスター」の混播栽培では、1番刈りおよび2番刈りの TDN 含量は 64.1% および 61.1% でその差は 3% でした（表 12）。一方、「峰風」と「34N84」の混播栽培では1番刈りおよび2番刈りの TDN 含量は 62.6% および 55.4% でその差は 7.2% でした。このように、「峰風」は、従来の混播用のソルゴー型や兼用型のソルガムと比較して TDN 含量が低く、ソルガム再生草のみの収穫となる2番刈りの TDN 含量が従来の混播栽培より低く、1番刈りと2番刈りの TDN 含量の差もより大きくなることから、飼料分析により飼料成分を把握して給与設計することが大切です。

表 1 2. 栽培体系ごとの収穫物の飼料成分の比較.

栽培体系	作目	乾物率 (%)	飼料成分(%DM)			
			NFC	NDF	CP	TDN
新混播	1 番刈り	34.0	39.3	45.4	7.2	62.6
	2 番刈り	25.9	26.3	54.1	9.4	55.4
従来混播	1 番刈り	29.3	42.0	42.4	6.9	64.1
	2 番刈り	22.6	38.2	44.5	7.5	61.1
二毛作	夏作	29.8	47.2	36.5	8.8	67.2
	冬作	16.4	23.5	51.7	13.3	60.8
二期作	1 作目	35.3	51.4	34.2	7.7	70.7
	2 作目	28.7	41.4	44.8	8.1	67.3

新混播:ソルガム「峰風」とトウモロコシ「34N84」の混播.

従来混播:ソルガム「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシ「タカネスター」の混播.

二毛作:トウモロコシ「タカネスター」とイタリアンライグラス「優春」の二毛作.

二期作:トウモロコシ「KD500」または「KD510」と「30D44」の二期作.

## (6) 作業能率

ソルガム「峰風」の混播 2 回刈り栽培、トウモロコシ単播とイタリアンライグラスの二毛作栽培およびトウモロコシ二期作栽培を表 13 の作業体系概要により、それぞれ実規模で栽培した場合の作業時間を表 14 に示しました。1 作目・1 番刈りにおいて、「峰風」の混播栽培では、トウモロコシ単播の二毛作栽培および二期作栽培より収穫時間が若干増え、作業時間は 75 時間/ha で二毛作栽培および二期作栽培より 6 時間/ha および 4 時間/ha 多いという結果でした。2 作目は、混播栽培では播種等の作業は省略されて追肥のみの作業となり、作業時間は 11 時間/ha で、二毛作栽培より 51 時間/ha、二期作栽培より 20 時間/ha 短縮されました。以上のように、栽培体系間で 1 作目の労働時間に大きな差はありませんでしたが、混播栽培では 2 作目の播種作業が省略されるために労働時間が大幅に短縮され、混播栽培における年間作業時間は 86 時間/ha で二毛作栽培および二期作栽培より 45 時間/ha (34%) および 16 時間/ha (16%) 短縮されました。

表 1 3. 作業体系概要.

	1 作目	2 作目
混播	耕起した圃場にソルゴーアタッチを付属した 2 条播き播種機でトウモロコシとソルガムを同時に播種した。 1 条刈りハーベスタを装着したトラクタで細断型ロールペーラを牽引したワンマン体系と自走式ラップマシンで収穫した。	1 条刈りハーベスタを装着したトラクタで細断型ロールペーラを牽引したワンマン体系と自走式ラップマシンで収穫した。
二毛作	耕起した圃場に 2 条播き播種機で播種した。 1 条刈りハーベスタを装着したトラクタで細断型ロールペーラを牽引したワンマン体系と自走式ラップマシンで収穫した。	耕起した圃場にブロードキャストで播種し、ツースハロで覆土し、K 型ローラで鎮圧した。 モータコンディショナで刈り取り後、1 日 2 回テッダレーキで反転して 2 日間予乾し、ロールペーラと自走式ラップマシンで収穫した。
二期作	耕起した圃場に 2 条播き播種機で播種した。 1 条刈りハーベスタを装着したトラクタで細断型ロールペーラを牽引したワンマン体系と自走式ラップマシンで収穫した。	不耕起対応高速播種機の試作で不耕起播種した。 1 条刈りハーベスタを装着したトラクタで細断型ロールペーラを牽引したワンマン体系と自走式ラップマシンで収穫した。
共通	調製したロールペールサイレージは、トレーラー (IH スター TMT3520) を牽引したトラクタ (90 馬力) とペールグラブを装着したトラクタ (95 馬力) の 2 台で運搬した。 作業時間は、作業開始時間および終了時間をもとに測定し、それぞれ圃場面積が異なるため 10a 当たりに換算して比較した。	

混播:ソルガム「峰風」とトウモロコシ「34N84」の混播.

二毛作:トウモロコシとイタリアンライグラスの二毛作.

二期作:トウモロコシ二期作.

「1 作目」は混播では 1 番刈り、二毛作ではトウモロコシ、二期作では 1 作目、「2 作目」は混播では 2 番刈り、二毛作ではイタリアンライグラス、二期作では 2 作目.



表 1 4 . 栽培体系ごとの労働時間の比較.

作目	作業内容	作業時間(時間/ha)		
		混播	二毛作	二期作
1作目	堆肥散布	8	8	8
	耕うん	12	12	12
	播種・肥料散布	9	9	9
	除草剤	4	4	4
	収穫	28	24	24
	運搬	14	12	14
	小計	75	69	71
2作目	堆肥散布	0	4	0
	耕うん	0	12	0
	播種・肥料散布	1	6	3
	除草剤	0	0	4
	収穫	6	34	14
	運搬	4	6	10
	小計	11	62	31
年間合計		86	131	102

各栽培の概要は表13に記載.

乾物生産量および作業時間1時間当たりの乾物生産量の労働生産性を表15に示しました。1作目の乾物収量は、ほぼ同程度で労働生産性も同程度でした。2作目の乾物収量は、混播栽培では二毛作栽培および二期作栽培より乾物収量は少なくなりましたが、労働時間が少ないため労働生産性は364DMkg/時間で、二毛作および二期作栽培より219DMkg/時間および74DMkg/時間多いという結果でした。このように、混播栽培の年間の労働生産性は、二毛作栽培の1.3倍で最も多収な二期作栽培に近い値であり、労働生産性の高い栽培体系であると考えられます。

表 1 5 . 栽培体系ごとの労働生産性の比較.

項目	作目	混播	二毛作	二期作
労働時間(時間/ha)	1作目	75	69	71
	2作目	11	62	31
	合計	86	131	102
乾物収量(t/ha)	1作目	14	12	14
	2作目	4	9	9
	合計	18	21	23
労働生産性(DMkg/時間)	1作目	180	174	190
	2作目	364	145	290
	合計	203	160	221

各栽培の概要は表13に記載.

## (7) コントラクターにおける導入メリット

前項まで述べてきたように、「峰風」とトウモロコシの混播2回刈り栽培は、従来のトウモロコシ・ソルガム混播2回刈り栽培と同様に、多収で労働生産性の高い栽培体系であることが示されています。しかし、「峰風」とトウモロコシの混播2回刈り栽培の年間合計 TDN 収量は、従来の混播用ソルガム品種「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシとの混播よりもやや低いことが示されました（図 26）。茨城県小美玉市における現地試験においても、「高糖分ソルゴーDH」とトウモロコシの混播栽培に比較し、「峰風」とトウモロコシの混播栽培では2か年平均で年間合計 TDN 収量がやや低く、そのために飼料生産コストも、「峰風」とトウモロコシの混播栽培で約6%高いという結果でした（図 27）。

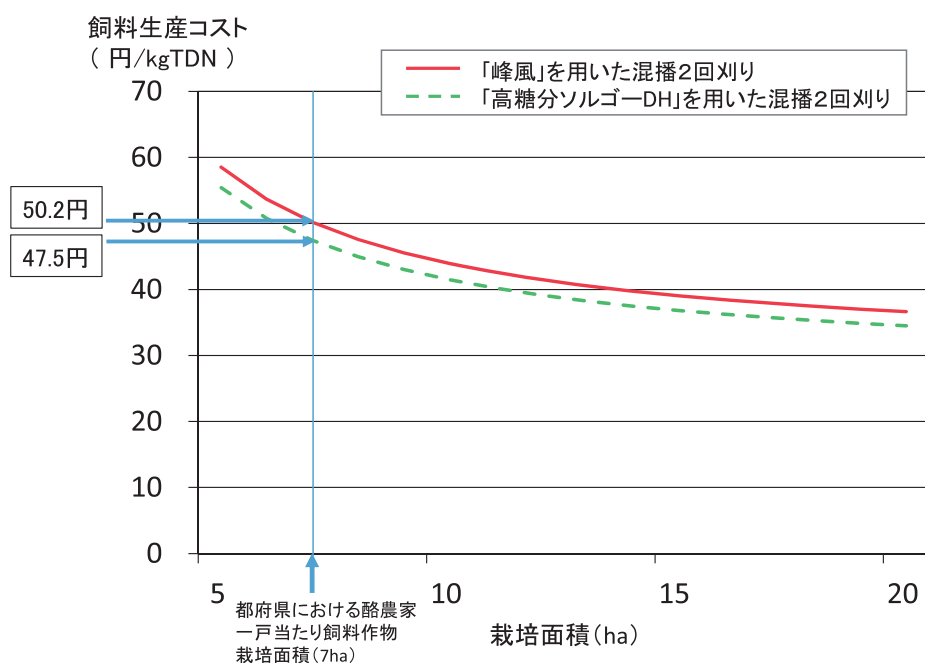


図 27. 現地試験（茨城県小美玉市）の収量データから計算されるソルガム「峰風」およびソルガム「高糖分ソルゴーDH」を用いた混播栽培における TDN 1 kg 当たりの飼料生産コスト。

2014年および2015年の2か年の平均値より算出。飼料生産コストは収穫委託料金をM酪農協現行の10a当たり5,254円として計算したものである。また、サイロ調製費用ならびにサイロからの取り出し作業の負担費用は含まない。

一方、これまでの試験の結果、「峰風」には、これまでのソルゴー型等のソルガム品種にはない、次のようなメリットがあることが分かりました。まず、「峰風」とトウモロコシ極早生品種を組み合わせた混播栽培は、従来の混播栽培より1番刈りの収穫時期が2週間ほど早く、従来の混播栽培と作期分散が可能になります。また、ソルガム品種を従来ソルガム品種から「峰風」に置き換えることにより、2番刈りのソルガム再生草の収穫時に大きなメリットがあると考えられます。神奈川県畜産技術センターの結果からは、「高糖分ソルゴーDH」と1番刈りの収穫が同じ8月上旬の場合、「高糖分ソルゴーDH」の2番刈りの収穫日は11月下旬なのに対して「峰風」は10月下旬と1か月収穫適期が早まるため、2番刈りについても作業の分散

が可能となります。さらに、群馬県畜産試験場の結果からは、1 番刈りを8月18日に行った場合、11月28日の2番刈りでは「高糖分ソルゴーDH」の乾物収量および乾物率は704kg/10a および20.5%に対し、「峰風」は1,290kg/10a および25.7%とソルガム再生草の乾物収量および乾物率ともに高くなり、ソルガムの再生収量が確保できました。このように、従来、1番刈りが遅れた場合、2番刈りの収量が見込めなかったために2番刈りを行わなかった地域でも、「峰風」の導入により2番刈りの収穫が可能となり、受注面積の拡大が可能となると考えられます。

以上のことから、従来のソルガム品種を用いた混播栽培の一部を新品種「峰風」の混播栽培に置き換えることにより、コントラクターは作業分散が可能となり、受注面積を拡大できるとともに、2番刈りの収量確保等により安定多収のメリットも得られるものと考えられます。

## 執筆者一覧

- 1章 菅野 勉 農研機構畜産研究部門
- 2章 清沢 敦志 長野県畜産試験場  
浅井 貴之 長野県畜産試験場  
後藤 和美 長野県畜産試験場
- 3章 浅井 貴之 長野県畜産試験場  
横澤 将美 群馬県畜産試験場  
平尾 賢一 新潟県農業総合研究所畜産研究センター  
(現：新潟県佐渡地域振興局)  
千田 雅之 農研機構西日本農業研究センター  
西村 和志 農研機構中央農業研究センター
- 4章 折原 健太郎 神奈川県畜産技術センター  
菅原 徹 茨城県畜産センター  
本谷 直 茨城県畜産センター  
(現：茨城県農業総合センター)  
千田 雅之 農研機構西日本農業研究センター  
西村 和志 農研機構中央農業研究センター  
森田 聡一郎 農研機構畜産研究部門  
菅野 勉 農研機構畜産研究部門

本マニュアルは主に、2013年度から2015年度に実施された農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（実用技術開発ステージ）委託課題「関東甲信越地域の気象資源とソルガム新品種を活用した省力多収飼料作物栽培技術の開発」で得られた成果をもとに作成しました。複製、転載などの利用に当たっては事前に農研機構畜産研究部門の許可を得て下さい。

農研機構畜産研究部門技術レポート16号

スーダン型ソルガム新品種「涼風」および「峰風」を活用した粗飼料生産  
マニュアル（関東甲信越地域向け）＜2016年度版＞

発行日 2017年1月27日

編集 国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門

問い合わせ先 農研機構 畜産研究部門 畜産飼料作研究拠点

TEL 0287-36-0111（代表）

〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松768