

自給タンパク質源飼料としての飼料用大豆の栽培・調製技術

1. はじめに

近年、輸入飼料の価格が高騰しており、畜産経営に影響を与えています。経営の安定化のためには自給飼料の増産が求められています。タンパク質源飼料としてはアルファルファが広く利用されていますが、我が国の気候や土壌はアルファルファの栽培には適していません。東北農業研究センターでは、我が国の環境に適した自給のタンパク質源飼料として大豆に着目し、その栽培・調製技術を開発しましたのでご紹介します。

2. 飼料用大豆の無除草剤栽培体系の概要

現在、地上部全体を利用する飼料用の大豆に対して利用可能な除草剤は登録されていません。従って、飼料用大豆は除草剤を使わずに栽培する必要があります。そこで、イタリアンライグラスをリビングマルチとして利用することで雑草の繁茂を抑制する技術を開発しました（写真1）。リビングマルチとは、主作物の休閑期もしくは主作物と同時に播種し、少なくとも一時期は主作物と同時に生育させる被覆作物のことです。これまでに、イタリアンライグラスの播種時期の異なる2つの体系が構築されています（図1、図2）。なお、これらは東北農業研究センターが所在する岩手県の気候条件に合わせた体系であることにご留意ください。

(1) イタリアンライグラス春播種体系

大豆栽培の当年春にイタリアンライグラスを播種する体系¹⁾の栽培スケジュールを図1に示しました。雪解け後速やかに春播性程度の低い晩生のイタリアンライグラス（品種「エース」など）を5 kg/10a程度播種します。春播性とは、播種後に冬期の低温を経ずに出穂する性質のことです。イタリアンライグラス播種時の施肥量は窒素8 kg/10aです。イタリアンライグラスは播種後1か月くらいで地表を覆いますが、春播性程度が低いのでほとんど出穂はしません。6月中下旬にイタリアンライグラスの1番草を収穫します。このときイタリアンライグラス播種時に発生した雑草も刈り払われ、枯死します。次



写真1 イタリアンライグラスのリビングマルチの中で生育している飼料用大豆
地表をイタリアンライグラスが被覆していることで雑草が抑制されています

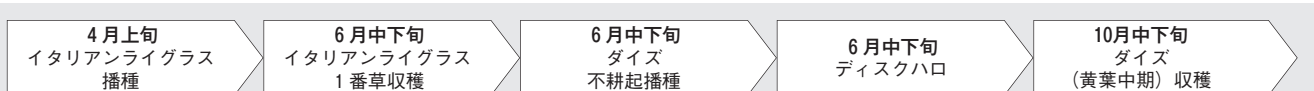


図1 岩手県におけるイタリアンライグラスの春播種体系の栽培暦

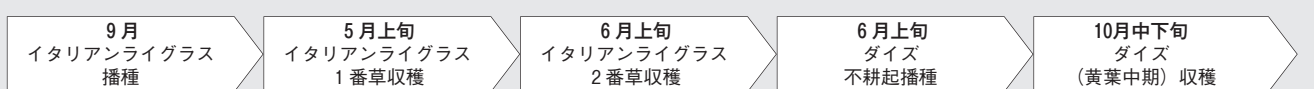


図2 岩手県におけるイタリアンライグラスの秋播種体系の栽培暦

いで出来るだけ速やかにイタリアンライグラスの植生中に不耕起播種機で大豆を播種します（写真2）。大豆播種時の施肥は不要です。また、イタリアンライグラスの過度の再生を抑制するために、根を適度に切断する程度にディスクハロをかけます（写真3）。春に播種をした春播性程度が低いイタリアンライグラス品種は、1番草収穫後地表を覆うように再生し、出穂せずに雑草の繁茂を抑制します。しかし、大豆は種子が大きくイタリアンライグラスの再生草による被覆を抜け出し生育します（写真4）。その後、夏季の高温によりイタリアンライグラスの生育が衰えますが、大豆は徐々に圃場を覆い、最終的にイタリアンライグラスを被陰し、枯死させます（写真5）。10月中旬ごろに大豆は収穫適期である黄葉中期に到達します（写真6）。イタリアンライグラスと大豆（黄葉中期）の収量は、それぞれ450～550kg/10a、350～500kg/10a程度となります。



写真2 大豆の不耕起播種



写真3 イタリアンライグラスへのディスクハロかけ
イタリアンライグラスの根の一部を切断する程度に
ディスクハロをかけます

（2）イタリアンライグラスの秋播種体系

大豆播種の前年秋にイタリアンライグラスを播種する体系²⁾の栽培スケジュールを図2に示しました。岩手県における一般的な播種適期である9月に、イタリアンライグラスの早生品種（「クワトロ-TK5※」



写真4 播種の約25日後の大豆の生育状況（春播種体系）
イタリアンライグラスの被覆の中から大豆が抜け出て生育しています



写真5 播種の約55日後の大豆の生育状況（春播種体系）
大豆が優占し圃場を覆っています



写真6 全面刈りのコンハーベスタによる飼料用大豆の収穫

など)を3kg/10a程度播種します。この時の施肥量は窒素8kg/10aです。また、翌春の融雪時に窒素3kg/10aを追肥します。イタリアンライグラスの通常の収穫適期(出穂期)よりもやや早い出穂始期を目安に、5月上旬に1番草を収穫します。次いで、その1か月後の6月上旬に2番草を収穫します。なお、2番草も出穂します。春播種体系と同様に、2番草収穫後に不耕起播種機で大豆を播種します。イタリアンライグラスを2度刈り取ることで、その生育を抑制できますので、春播種体系のようなディスクハロかけは必要ありません。大豆播種時の施肥は不要です。春播種体系と異なりイタリアンライグラスの再生草(3番草)も出穂します(写真7)が、早生品種のため夏季の高温により早期に衰退することで大豆が圃場を覆います(写真8)。春播種体系と同様に10月中下旬に黄葉中期に到達します。イタリアンライグラスの1番草と2番草の合計収量と大豆(黄葉中期)の収量はそれぞれ700~800kg/10aと450~600kg/10a程度です。



写真7 播種の約25日後の大豆の生育状況(秋播種体系)
出穂しているイタリアンライグラスの中で大豆が生育しています



写真8 播種の約55日後の大豆の生育状況(秋播種体系)
大豆が優占し圃場を覆っています

(3) 春播種体系と秋播種体系の共通事項

どちらの播種体系でも、イタリアンライグラスの植生中に大豆を不耕起播種しますので、大豆栽培中に中耕や培土といった作業が行えません。そこで、耐倒伏性の高い大豆品種(例えば「タチナガハ」)が適しています³⁾。

また、夏になるとイタリアンライグラスが衰退しますので、その後の雑草抑制のために大豆自身が速やかに圃場を覆うことが必要となります。そのためには、大豆の株数の確保が重要となります。大豆の播種量は2万粒/10a程度、畝幅は60cm以下とすることが望ましいです。

(4) 春播種体系と秋播種体系の違い

イタリアンライグラスの春播種体系は、同じ圃場で1年間にイタリアンライグラスと大豆の両方を栽培することが可能です。また、イタリアンライグラスが出穂しないことから、イタリアンライグラスが出穂する秋播種体系よりもその栄養価(CP)が高い傾向にあります。しかし、イタリアンライグラスの過度の再生を抑制するためにディスクハロをかける必要があります。

一方、イタリアンライグラスの秋播種体系は、イタリアンライグラスを2回収穫することで過度な再生を抑制するためにディスクハロによる作業を必要としません。また、春播種体系よりもイタリアンライグラスと大豆の収量が多い傾向にあります。しかし、岩手県では大豆の収穫期(10月中下旬)がイタリアンライグラスの播種適期(9月中下旬)よりも遅いために、同じ圃場で同年にイタリアンライグラスと大豆の両方を栽培することが出来ません。圃場を効率的に利用するためには、他の作物との輪作が必要となります。また、大豆の収穫時にイタリアンライグラスの枯草が混入するために、大豆収穫物の栄養価(CP)がやや低下してしまいます。

このように2つの播種体系には長所と短所がありますので、経営に適した体系を選択してください。

3. 大豆ホールクロップサイレージ(WCS)の調製方法と飼料特性

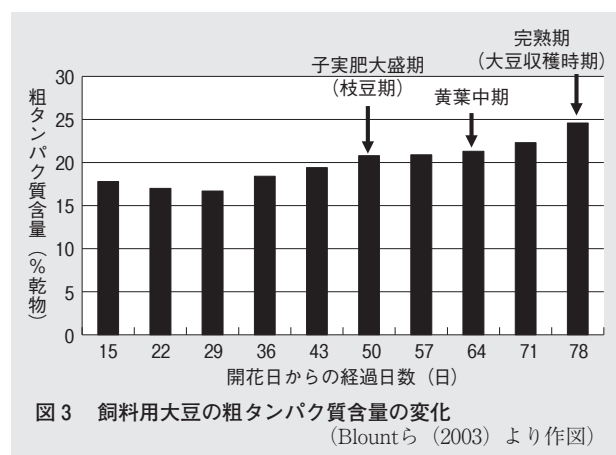
飼料用大豆は写真9のような莢が肥大し始めた時期(①莢肥大期・R5ステージ)から、枝豆の時期(②子実肥大盛期・R6ステージ)、葉が黄色くなり、落葉が始まる時期(③黄葉中期・R7ステージ)のいずれかの時期に刈り取り、葉も茎も実も含めてホールクロップサイレージ(以下、大豆



写真9 大豆の生育ステージ

WCS) に調製します。栄養価から見ると、飼料用大豆中の粗タンパク質含量は図3に示したように、開花期以降どの生育段階においても一定して20%前後の高い値を保っています⁴⁾。そのため、刈り取りの適期については、各経営体の既存の機械体系を前提に決めることになります。

収穫適期である①莢肥大期 (R5ステージ) ～③



黄葉中期 (R7ステージ) における大豆WCSの飼料特性は表1に示したように、いずれの時期も輸入アルファルファ乾草のプレミアムクラスと同等の粗タンパク質含量20%以上、TDN含量58%程度となります^{5,6)}。ただし粗脂肪含量を見てみるとR5ステージでは2.8%であるのに対し、R6ステージでは7.2%、R7ステージでは8.7%と、子実の充実に伴って脂肪含量が高くなるため、給与メニューには工夫が必要です。次に発酵品質については、大豆はマメ科植物のため緩衝能があり、サイレージに調製してもpHがデントコーンサイレージのように低下しません。しかし、子実中に可溶性糖類が多く、発酵の基質に富むため、乳酸発酵が進み、どのステージにおいてもサイレージ発酵の指標であるVスコアは80点以上で「良」と判定できるものが調製できます(表1)。ただし、前述したように②子実肥大盛期 (R6ステージ) までの調製では水分含量が高いため、予乾処理により水分含量を60%前後まで低下させることが重要です。また、③黄葉中期

表1 実規模調製における大豆WCSの栄養価と発酵品質

	①R5予乾収穫	②R6ダイレクト収穫	③R7ダイレクト収穫	輸入アルファルファ乾草
乾物率 (%)	44	24	32	84
成分含量 (乾物中%)				
粗タンパク質	20.1	21.5	25.3	18.5
粗脂肪	2.8	7.2	8.7	1.5
NDF	45.3	40.0	41.1	47.7
ADF	34.1	31.7	34.8	36.8
栄養価 (TDN含量) (乾物中%)	58.8	—	58.7	57.7
サイレージ品質				
pH	4.8	4.7	5.2	—
乳酸 (新鮮物中%)	1.84	1.98	2.44	—
酢酸 (新鮮物中%)	0.41	0.64	0.52	—
プロピオン酸 (新鮮物中%)	ND	0.02	ND	—
n-酪酸 (新鮮物中%)	ND	ND	ND	—
VCN/TN (%)	6.8	12.5	6.8	—
Vスコア	95	81	89	—

ND：不検出

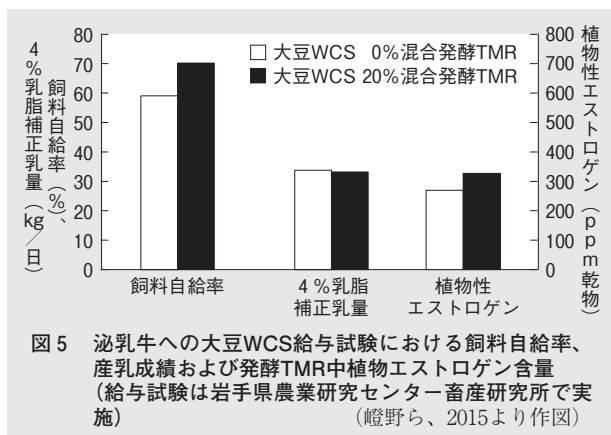
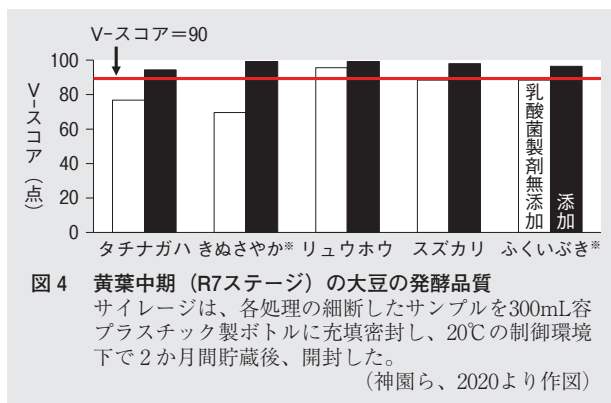
Vスコア：>80は品質良、60～80は品質可、<60は品質不良
大豆WCSはいずれもロールペールサイレージで調製

(Kawamotoら (2013)、Tounoら (2013) より抜粋)

(R7ステージ)に収穫する場合、図4に示すように東北地域で主に栽培されている食用品種(タチナガハ、リュウホウなど5品種)では、乳酸菌製剤の添加により全ての品種において、発酵品質の指標であるVスコアが90以上の良質なサイレージが調製できることが判っており、乳酸菌製剤の添加により、より安定的に良質なサイレージを調製することができます⁷⁾。

(1) 大豆WCSの泌乳牛用タンパク質源飼料としての利用

上述のように、大豆WCSは高タンパクで発酵品質も良い自給飼料です。そこでアルファルファ乾草やナタネ粕などのタンパク質源飼料の代替として利用出来るのかどうか、③黄葉中期(R7ステージ)に刈り取った大豆WCSを泌乳牛用の発酵TMRの原料として用い、その価値を評価しました。その結果、飼料乾物中20%程度の混合であれば、泌乳牛の乾物摂取量や泌乳成績に影響はなく、発酵TMRの飼料自給率は大豆WCS 0%区と大豆WCS 20%区とでは乾物ベースで約60%から70%と10ポイント上昇させることができました(図5)⁸⁾。

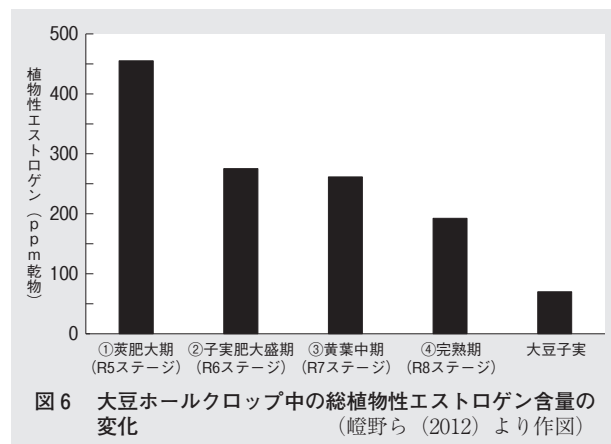


(2) 大豆WCSに含まれる植物性エストロゲンの影響

以上のように、③黄葉中期(R7ステージ)にダイレクトカット収穫した大豆WCSは自給の高タンパク質源飼料として泌乳牛にも十分利用可能であることが判りましたが、大豆はイソフラボンに代表される植物性エストロゲンを多く含む植物です。植物性エストロゲンはアルファルファなどのマメ科植物に多く含まれているエストロゲン活性を持つ物質(女性ホルモン様物質)で、家畜が多量に摂取すると繁殖障害等を引き起こすとされています。そこで各ステージにおける大豆ホールクロップ中の総植物性エストロゲン含量を測定した結果、ステージが進むにつれて総植物性エストロゲン含量は低下しました(図6)⁹⁾。その主な要因は、大豆ホールクロップ中に含まれる植物性エストロゲンの内のクメステロール(反芻家畜に対してエストロゲン活性が高い)が、葉部に多く含まれており、ステージが進むにつれて、ホールクロップ中の葉部割合が減少したためです。また、上述した泌乳牛試験で給与した発酵TMR中の植物性エストロゲン含量は大豆WCSの混合によって有意に増加することはありませんでした(図5)。このことから、乳牛への給与には植物性エストロゲン含量が低下する③黄葉中期(R7ステージ)がより望ましく、その時期に収穫した大豆WCSは飼料乾物中20%程度の混合であれば、繁殖性の面からも問題にはならないと考えられます。

4. 最後に

これまで述べてきた飼料用大豆の栽培・調製技術は畜産農家が所有する機械での作業を前提としているため、畜産農家が所有する飼料畑もしくは転作田での栽培が基本となります。また、③黄葉中期



(R7ステージ)であればロールベール体系のみならず、バンカー調製においても良質なサイレージの調製ができるため、TMRセンターへの導入も可能です。現在、東北、関東、九州など様々な地域において、飼料用大豆生産への関心が高まっています。本項では主に岩手県での栽培法や適品種、その栄養価や利用特性について紹介しましたが、今後は、各地域の気候に適した品種の選定・栽培法の調整、またそこから得られた大豆WCSの栄養特性の評価を行う必要があります。なお、日本草地畜産種子協会が発行しているパンフレット¹⁰⁾では、岩手県とは異なる条件における事例が紹介されていますので、参考にしてください。

5. 引用文献

- 1) 魚住順・嵯野英子・河本英憲・内野宙・金子真・出口新 (2014) 若刈牧草とホールクロップサイレージ大豆の連続栽培による高タンパク質飼料生産. 東北農業研究センター普及成果情報. https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/tarc/2014/14_016.html
- 2) 内野宙・魚住順・出口新・河本英憲・嵯野英子・神園巴美 (2018) 飼料用大豆の安定多収栽培技術の開発 ―リビングマルチとして導入するイタリアンライグラス適品種の検討―. 日本草地学会誌. 64 (別), 35.
- 3) Uchino H, Uozumi S, Touno E, Kawamoto H, Deguchi S (2016) Soybean growth traits suitable for forage production in an Italian ryegrass living mulch system. *Field Crops Research*. 193, 143-153.
- 4) Blount AR, Wright DL, Sprengel RK, Hewitt TD, Hiebsch CK, Myer RO (2003) Forage Soybeans for Grazing, Hay and Silage. University of Florida IFAS Extension, AG184
- 5) Kawamoto H, Touno E, Uchino H, Uozumi S (2013) Comparison of fermentation quality and ruminal degradability between two different harvest timings of forage soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) ensiled with the corn-silage system. *Grassland Science*. 59, 120-123.
- 6) Touno E, Kaneko M, Uozumi S, Kawamoto H, Deguchi S (2013) Evaluation of feeding value of forage soybean silage as a substitute for wheat bran in sheep. *Animal Science Journal*. 85, 46-52.
- 7) 神園巴美・嵯野英子・内野宙・河本英憲・出口新・魚住順 (2020) ダイズの生育ステージ別での化学成分含量およびホールクロップサイレージ発酵品質の変化. 日本草地学会誌. 65 (4), 236-241.
- 8) 嵯野英子・齋藤浩和・越川志津・魚住順・河本英憲・内野宙・出口新 (2014) くず大豆および大豆ホールクロップサイレージは発酵TMR原料として有用である. 東北農業研究センター普及成果情報. https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/tarc/2014/14_017.html
- 9) 嵯野英子・魚住順・河本英憲・内野宙・出口新 (2012) 大豆ホールクロップサイレージ原料のフィトエストロゲン含量と飼料成分における品種間差異. 日本草地学会誌. 58 (別), 34.
- 10) 日本草地畜産種子協会 (2025) リビングマルチを用いた飼料用ダイズの栽培技術～岩手県、熊本県における栽培体系の紹介～. https://souchi.lin.gr.jp/feed_increase/pdf/2025_living_multi.pdf

※  海外持出禁止 (農林水産大臣公示有)