

16 草地更新によるセシウム低減の原因解明と効果の持続性の検討

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○市川佳奈、前田綾子、斎藤憲夫

研究期間：令和3（2021）～令和5（2023）年度 予算区分：受託（先端プロ）

1 目的

牧草への放射性セシウム（以下、RCs）移行を低減させるため、草地更新（耕起）及び加里質肥料の施肥が指導されてきた。しかし、加里質肥料の施肥により牧草中のカリウム濃度が上昇することで、グラスタニーや乳熱といった家畜への影響が懸念されることから、牧草のミネラルバランスを考慮した RCs 移行抑制技術が求められている。そこで、東京電力福島第1原子力発電所事故後（以下、事故後）の更新回数が異なる牧草地において、土壌の交換性カリ濃度を変えた試験を行い、RCs 移行抑制効果や牧草のミネラルバランスに与える影響を調査する。

2 方法

(1) 調査場所

畜産酪農研究センター内の事故後更新1回（2017年）又は更新2回（2012、2017年）の永年牧草地（採草利用5年目）

(2) 試験区

更新回数の異なる草地それぞれについて、一番草生育前に以下の条件となるよう試験区を設置

K0区：追加施用なし

K20区：土壌中交換性カリ含量が20mg/100gになるよう調整

K40区：土壌中交換性カリ含量が40mg/100gになるよう調整

追肥：N-P₂O₅-K₂O：5-5-5kg/10a/回 一番草、二番草刈取り後に施肥

(3) 調査項目

牧草：RCs濃度、RCs移行係数、乾物収量、ミネラル含量

土壌：RCs濃度、交換性陽イオン含量

3 結果の概要

(1) 牧草中 RCs 濃度は一番草から三番草にかけて上昇し、土壌の交換性カリ濃度が高い区ほど RCs 濃度は低くなる傾向であった（表1）。

(2) RCs の移行係数は、牧草中 RCs と同様に土壌の交換性カリ濃度が高いほど低くなる傾向であった。また、更新1回 K20区よりも更新2回 K0区が同程度の値で推移したことから、更新回数を1回から2回に増やすことで加里質肥料の施肥量を削減できる可能性が示された（表2）。

(3) (1) 及び (2) は過去4年間の試験結果と同様の結果が得られており、加里質肥料の施肥だけでなく、更新による RCs 移行抑制効果についても再現性が認められた。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

次年度も同様の試験を実施し、更新6年目の草地における牧草への RCs 移行抑制効果の持続性についての検証や、牧草のミネラルバランスに与える影響を調査する。

本研究は、農林水産省農林水産技術会議による委託プロジェクト研究「特定復興再生拠点区域の円滑な営農再開に向けた技術実証」の補助を受けて実施した。

[具体的データ]

表1 牧草中 RCs 濃度

更新回数	試験区	一番草	二番草	三番草	四番草
		Bq/kg (水分80%換算)			
1回	K0区	6.49 a	11.01 a	19.73 a	10.99 a
	K20区	3.33 ab	6.79 a	9.00 c	7.17 b
	K40区	1.51 b	1.66 b	3.54 d	4.53 c
2回	K0区	4.79 ab	7.26 a	14.32 b	9.84 ab
	K20区	2.87 ab	4.41 ab	6.45 cd	6.42 b
	K40区	1.38 b	1.49 b	2.68 d	3.02 c

異符号間に有意差あり (p<0.05)

表2 RCs の移行係数 (水分80%換算)

更新回数	試験区	一番草	二番草	三番草	四番草
		(牧草水分80%/乾土)			
1回	K0区	0.0087 a	0.0149 a	0.0266 a	0.0148 a
	K20区	0.0056 ab	0.0107 a	0.0147 bc	0.0119 ab
	K40区	0.0020 c	0.0021 bc	0.0046 cd	0.0059 bc
2回	K0区	0.0065 ab	0.0101 ab	0.0204 ab	0.0137 a
	K20区	0.0036 bc	0.0056 ab	0.0080 c	0.0079 b
	K40区	0.0018 c	0.0019 c	0.0034 d	0.0039 c

異符号間に有意差あり (p<0.05)

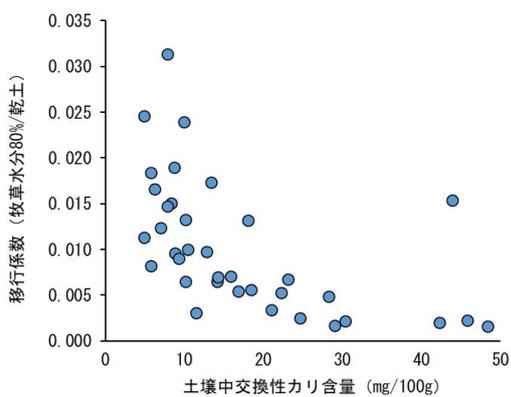


図1 更新1回における RCs 移行係数と交換性カリ含量の関係

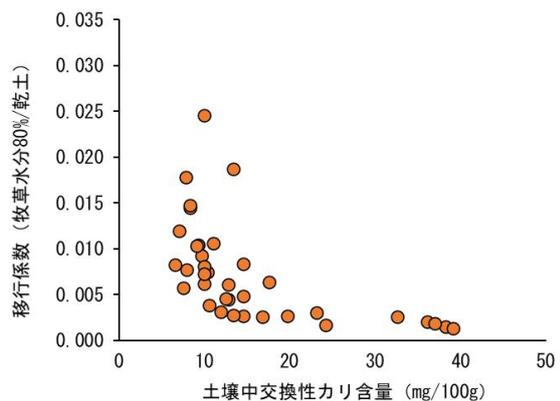


図2 更新2回における RCs 移行係数と交換性カリ含量の関係

17 ICTによる飼料作物単収向上技術の開発

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○斎藤憲夫、前田綾子、市川佳奈

研究期間：令和3（2021）～令和7（2025）年度（継続）

予算区分：県単

1 目的

近年、担い手への農地集積等による経営の大規模化が進み、経営体が保有する限られた労働力では適正な栽培管理が行きわたらない状況が増えてきている。

そのため、ICTを活用して生育ムラなどの収量低下の要因を省力的、科学的に把握・解明し、対策を講じ単収を向上させる技術開発に取り組む。

2 方法

(1) ドローンによる飼料作物の空撮データの取得と解析

主にセンター内の飼料生産ほ場において、様々な条件でドローン（UAV）の自律飛行により等間隔の空撮を行い、安定的に撮影できる条件の検討と画像データの解析を行った。

ア 撮影機材：Sentera Double 4K（マルチスペクトルカメラ）搭載のDJI Mavic 2 Pro（ドローン）

イ 撮影ほ場：飼料用トウモロコシ、イタリアンライグラス、オーチャードグラスなど

ウ 解析ソフト：Pix4D Mapper（SfMソフト）、QGIS（地理情報システムソフト）

エ 撮影条件

（ア）飛行高度：12m～60m

（イ）飛行速度：1 m/秒～5 m/秒

（ウ）撮影間隔（隣り合う画像とのオーバーラップ）：10%～80%

(2) 子実トウモロコシ栽培ほ場における経時的な地上データの収集

鹿沼市の農業生産法人の子実トウモロコシ栽培において、播種から収穫直前にかけて経時的な撮影を実施し、地上でも収集できるデータがどのように把握できるか検討を行った。

ア 撮影機材等：（1）に同じ

イ 撮影圃場：鹿沼市野尻に作付けされた品種の異なる3圃場

3 結果の概要

(1) ドローンによる飼料作物の空撮データの取得と解析

令和4年度は、61日に延べ124回の撮影を行った。そのうち約70回は牧草、約30回はトウモロコシの撮影であり、残りは試験地や撮影条件の検証のためのものであった。撮影はすべて静止画であり動画撮影は行わなかった。

安定的な撮影の条件については、①カメラの解像度、②指定した間隔で撮影可能な飛行速度、③画像合成の可否などの観点から検討した。①については、通常であれば高度50mからドローン本体カメラでトウモロコシ3～4葉期が確認できたが、鮮明な写真が得られない事例もあり、その条件としては曇りで光量が少ないときに風が強かったり飛行速度が速かったりすることによって画像がブレやすくなるためと思われたが、確証は得られなかった。②については、ドローン本体カメラのシャッター間隔が約2秒/枚である制限から、比較的一般的に行われている高度50m/撮影間隔80%での撮影では飛行速度を4m/秒程度にする必要があった。③については、推奨されている撮影間隔80%で画像合成が失敗した事例は、トウモロコシがある程度以上に生育したときのみであった。多視点画像から3次元形状を復元する原理から考えて、トウモロコシのような長大作物の個々が明瞭に、そして極めて多数写るような条件では合成が難しくなると考えられた。また、失敗した事例でも道路など圃場の周辺部では画像合成できたことから、現場においてトウモロコシのような長大作物の草高を求めたい場合、50m以上からの撮影が望ましいと考えられた。

画像解析の方向性として、近赤外線波長の撮影データを画像合成することにより比較的小さい時点のトウモロコシの苗を目立たせる（図 1）ことで播種密度の確認に使えるのではないかと考えられた。また、雑草繁茂をほ場全体のどの位置に当たるかを図示する（図 2）ことで効率的な対策を行える可能性があると考えられた。

(2) 子実トウモロコシ栽培ほ場における経時的な地上データの収集

播種直後、苗立期、生育期、黄熟期、収穫期に撮影を行った。

画像解析の結果、NDVI（正規化差植生指数）によるバイオマス量や NDRE（正規化レッドエッジ指数）による枯れ上がりの違いを図示することができた（図 3）。

一方、草高については、ほ場内の凹凸を図示することはできたが、それぞれの合成画像で得られる GPS と高度の座標は誤差が大きいため、播種時の地面の高さと生育期のトウモロコシの高さの差を求めることはできなかった。これを解決するためには対空標識の設置が必要であった。

[具体的データ]

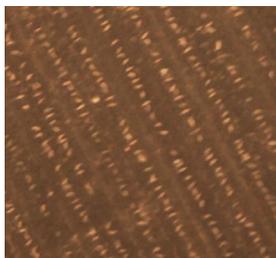


図 1 トウモロコシの近赤外線画像



図 2 アレチウリ繁茂の状況

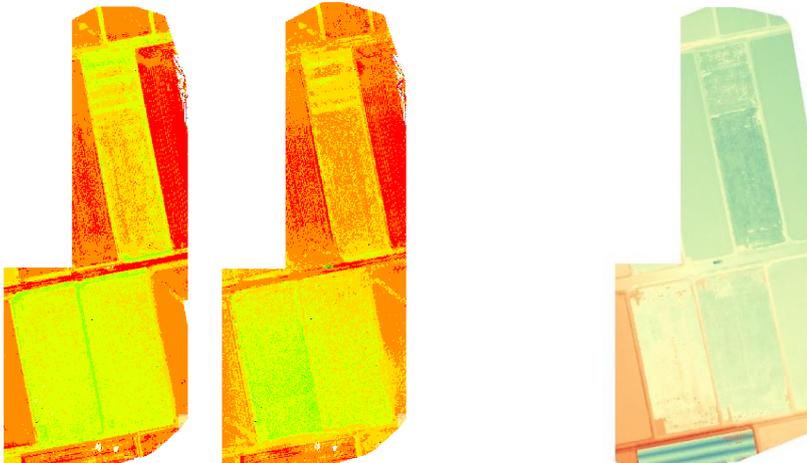


図 3 黄熟期の NDVI（左）、NDRE（中央）、高度*（右）によるマッピング

※：標高からの高さではなく、基準面はソフトによる算出値

18 飼料作物栽培管理支援システムの開発

担当部署名：草地飼料研究室

担当者名：○前田綾子、市川佳奈、斎藤憲夫

研究期間：令和3（2021）～令和7（2025）年度（新規）

予算区分：県単

1 目的

近年、担い手への農地集積等による経営の大規模化が進み、大規模ほ場や遠隔ほ場の管理が増えていることから、限られた労働力では適正な栽培管理が行きわたらず、ほ場内での生育のばらつきが生じ、収量低減の要因となっている。

そこで、栽培管理に着目した単収向上技術の開発に取り組むこととし、今年度は、イタリアンライグラスの適期播種計画を作成するための初期生育と温度の関係及び飼料用トウモロコシの適期除草剤散布計画を作成するための葉齢と温度の関係について調査した。

2 方法

(1) 実施場所：畜産酪農研究センター内ほ場

(2) イタリアンライグラスの播種日の違いによる生育の推移

ア 供試品種 ライジン(早生)、さつきばれ EX(中生)、フウジン(中晩生)

イ 播種日 2021/10/6、10/14、10/20、10/27、11/2、11/12、11/17、11/24 計8回

ウ 播種量 2.5kg/10a (条播 播種幅30cm)

エ 試験区 2.7 m² (0.9m×3m) /区、3反復

オ 施肥量 N-P₂O₅-K₂O：10-10-10kg/10a、ようりん：50kg/10a、苦土炭カル：100kg/10a

カ 調査項目 発芽日、草丈、出穂期、乾物収量、乾物率、気温

(3) 飼料用トウモロコシの播種日の違いによる葉齢の推移

ア 供試品種 17品種 (RM93～125)

イ 播種日 4/20、5/11、5/26、6/13 計4回

ウ 施肥量 N-P₂O₅-K₂O：10-10-10kg/10a、ようりん：50kg/10a、苦土炭カル：100kg/10a

エ 試験区 6.75m² (2.25m×3m) 3反復

オ 栽培密度 6,667本/10a (条間0.75m×株間0.2m)

3 結果の概要

(1) イタリアンライグラスの播種日の違いによる生育の推移 (表1)

播種日が遅くなるにつれて、発芽日数はほぼ長くなったが、播種から発芽までの積算温度は97～124℃となり品種の差はなかった。播種日が10月上旬とそれ以降は遅くなるほど乾物収量は低下した。11月17日播種までは、12月の平均気温が5℃前後になると生育が止まることが確認できた。収量を確保するためには、12月中旬までに草丈を12～30cmにするとよいと考えられた。これらのことから10月～12月までの5℃基準有効積算温度と草丈の関係を調べたところ図1のとおり傾向となった。この式から草丈12～30cmの5℃基準の有効積算温度は211～310℃と計算でき、県内で播種する場合はこの温度内に収まる時期が適期播種時期と考えられた。

(2) 飼料用トウモロコシの葉齢と積算温度の関係

播種日、品種にかかわらず積算温度と1～8齢の関係を調べたところ図2のような傾向となった。積算温度と葉齢は高い相関関係があることが確認できた。この式と1kmメッシュ気象データを使用してPythonで播種日を入力すると栃木県内の1～8齢の予想日数や日にちを地図で示せるプログラムを作成した(図3)。

4 今後の問題点と次年度以降の計画

年次変動を考慮して同様に試験を実施し、適切な播種日、除草剤散布日等栽培管理計画を作成するためのデータを蓄積する。

[具体的データ]

表1 イタリアンライグラス播種日別の年度内の生育及び収量調査結果

品	種	は種日	発芽日	発芽までの日数	播種～発芽までの積算温度	生育一時停止			1番草					
						停止日	草丈 cm	播種からの積算温度	平均気温 °C	出穂期日	収量調査			
											調査日	乾草収量 kg/10a	乾物率 %	草丈 cm
		10/6	10/11	5	116	12/9	51	732	6.2	4/22	4/25	802	19	100
		10/14	10/20	6	97	12/9	28	584	6.2	4/21	4/25	918	17	112
ラ		10/20	10/29	9	113	12/15	17	532	5.6	4/21	4/25	856	16	111
イ		10/27	11/5	9	128	12/22	12	480	4.6	4/23	4/25	768	14	113
ジ		11/2	11/10	8	114	12/22	11	407	4.6	4/25	4/25	727	14	110
ン		11/12	11/23	11	123	12/9	6	227	6.2	4/27	5/6	690	16	105
		11/17	12/1	14	124	12/22	6	233	4.6	5/4	5/10	347	14	104
		11/24	12/11	17	114	1/20	5	182	-0.6	5/8	5/10	204	13	90
		10/6	10/11	5	116	12/15	51	765	5.6	4/27	5/2	998	23	111
さ		10/14	10/20	6	97	12/15	28	617	5.6	4/27	5/2	1,427	20	123
つ		10/20	10/29	9	113	12/9	16	499	6.2	4/27	5/2	1,268	17	123
き		10/27	11/5	9	128	12/9	11	423	6.2	4/28	5/6	1,275	20	112
ば		11/2	11/10	8	114	12/22	10	407	4.6	4/28	5/6	1,013	22	107
れ		11/12	11/23	11	123	12/9	6	227	6.2	5/5	5/10	638	15	111
EX		11/17	12/1	14	124	12/22	5	233	4.6	5/6	5/18	683	16	110
		11/24	12/11	17	114	1/20	5	182	-0.6	5/11	5/18	423	15	115
		10/6	10/11	5	116	12/15	55	765	5.6	5/2	5/6	965	20	112
		10/14	10/20	6	97	12/2	30	537	5.0	5/2	5/6	1,306	18	119
フ		10/20	10/29	9	113	12/9	19	499	6.2	5/3	5/7	1,275	18	116
ウ		10/27	11/5	9	128	12/9	12	423	6.2	5/5	5/10	1,143	16	124
ジ		11/2	11/10	8	114	12/15	10	383	5.6	5/5	5/10	1,099	15	121
ン		11/12	11/23	11	123	12/9	6	227	6.2	5/7	5/18	1,040	17	109
		11/17	12/1	14	124	12/15	5	209	5.6	5/11	5/18	744	15	114
		11/24	12/11	17	114	1/20	4	182	-0.6	5/12	5/18	758	13	112

積算温度(°C)

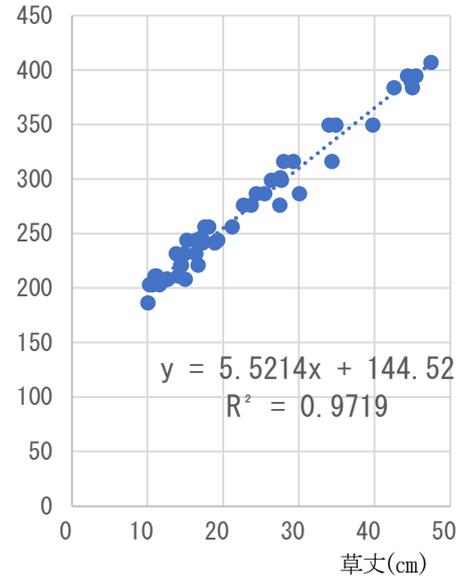


図1 イタリアンライグラスの草丈10cm以上と5°C有効積算温度の関係(10月～12月)

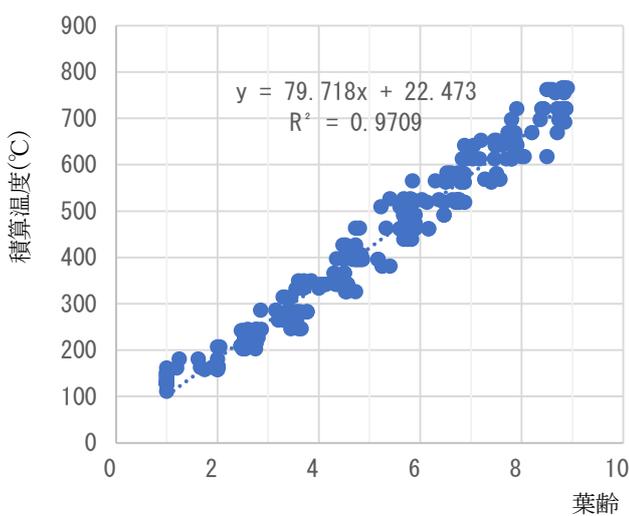


図2 飼料用トウモロコシ葉齢と積算温度の関係

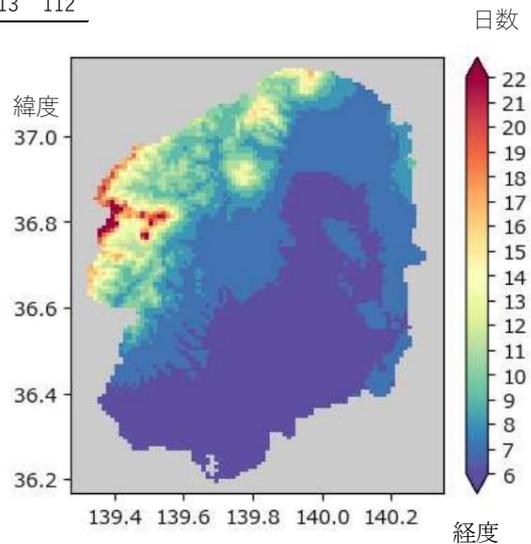


図3 作成したプログラムの一例
播種を5月1日と葉齢1を入力すると、栃木県内における葉齢1になる日数(発芽日)が図として示される
農研機構メッシュ農業気象データ(The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO)を利用