14　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、三原一起、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、グラステ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した。

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 6 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した。

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

追肥は、N-P_2O_5-K_2O を 1 回当たり 5-5-5kg/10a 施肥することとし、一番草及び二番草刈取り後に実施した。

（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を高く調製した区ほど RCs 濃度が低くなる傾向であった。（表 1）。

（2）RCs の移行係数は、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（図 1、2）。

（3）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ことが示された（表 2）。

（4）上述の（1）から（3）は過去 5 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、2 回目の更新による RCs 移行抑制効果についても再現性が認められた。

※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	7.25 a	12.26 a	17.02 a	17.19 a
	K20区	3.27 b	6.50 b	10.77 b	13.44 ab
	K40区	1.07 c	2.53 c	4.42 c	5.16 c
2回	K0区	5.25 ab	10.18 a	12.21 b	13.82 ab
	K20区	2.80 b	4.85 b	8.42 bc	12.08 ab
	K40区	1.22 c	1.34 c	2.32 c	4.47 c

各番草ごと、異符号間に有意差あり（$p<0.05$）

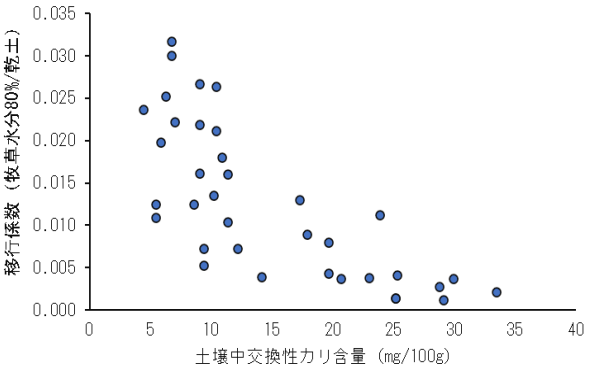


図１　更新１回における RCs 移行係数と交換性カリ含量の関係

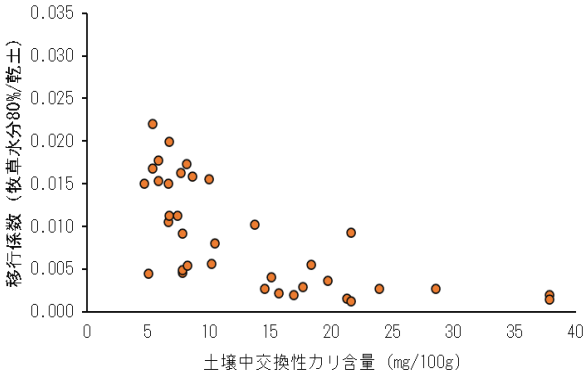


図２　更新２回における RCs 移行係数と交換性カリ含量の関係

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%換算/乾土）			
1回	K0区	0.0102 a	0.0174 a	0.0239 a	0.0243 a
	K20区	0.0057 ab	0.0112 ab	0.0185 ab	0.0230 a
	K40区	0.0013 c	0.0031 bc	0.0054 c	0.0063 bc
2回	K0区	0.0068 ab	0.0135 ab	0.0163 ab	0.0182 ab
	K20区	0.0037 ab	0.0065 b	0.0113 bc	0.0163 ab
	K40区	0.0016 c	0.0018 c	0.0032 c	0.0061 c

各番草ごと、異符号間に有意差あり（$p<0.05$）

15　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、市川佳奈、三原一起
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

ア　飼料用トウモロコシの播種密度に関する検討

SfM（Structure from Motion）ソフトを用いて作成される圃場全体の画像から播種密度のムラを図示できないか検討を行った。また、SfM ソフトを使用せず、圃場直上の空撮データから播種密度を簡易計測できないか検討を行った。

イ　飼料作物の草高の計測方法に関する検討

生育前と生育後の DEM（数値標高モデル）データの差分から草高を計測するためには、GPS（全地球測位システム）による測位精度の問題で特に高度の誤差が大いため、簡易な対空標識の設置により相対的な測位精度の向上について検討した。

ウ　牧草へのレンゲ混播による初期生育調査

センター内栽培ほ場において、窒素固定による化学肥料低減効果や粗タンパク質向上が図れないか調査するために、オーチャードグラス新播時にレンゲを混播する区を設置した。なお、耕起及び施肥はすべての区を慣行法で実施した。

本年度は、生育初期の NDVI（正規化差植生指数）を図示することで初期生育の状況を確認した。

（２）子実用トウモロコシ栽培ほ場における生育データの収集

鹿沼市の農業生産法人の子実用トウモロコシ栽培において対空標識を設置し、生育初期から成熟期にかけての草高の増加量について図示することで、品種間の差違やほ場のムラについて検討した。

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

ア　飼料用トウモロコシの播種密度に関する検討

F 社と連携し、SfM ソフトで作成したほ場全体の画像から、トウモロコシの苗を AI（人工知能）を用いて数え上げることで、粗密の程度を図示することができた（図１）。しかし、必要とする機材や手技が多岐にわたり、雑草の有無や苗の生育ステージなど異なる条件下での検討が十分できないため、試験を中断した。

ドローンから直下を撮影した写真１枚を用いて、ほ場ごとのおおよその播種密度を計測する手法について検討したところ、飛行高度から算出される理論値と実測値の１㎡についての誤差は、飛行高度 20～60ｍの範囲で５～10％であった。

イ　飼料作物の草高の計測方法に関する検討

耕起作業や雑草防除などが行われる実際のほ場において厳密な地上基準点の測量と維持を行うことは難しいため、任意の位置に測量杭を設置し、その測量杭について SfM ソフトで初回に算出された座標を用い、２回目以降は GCP 補正を実施することで、草高の増加量を算出可能とした。

ウ　牧草へのレンゲ混播による初期生育調査

播種後１か月～1 か月半くらいまではレンゲの生育により植物の被度に差が見られ、NDVI（正規化植生指標）値でも高い傾向であった。しかし、その後はホトケノザ（雑草）が繁茂したため、３か月以降は区別がつかなかった。

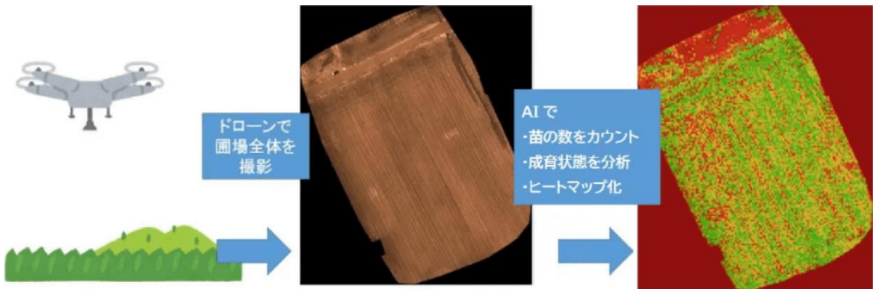
次年度も、収量や栄養価等について調査を継続する。

（２）子実用トウモロコシ栽培ほ場における生育データの収集

令和５年７月７日に播種した２品種の子実用トウモロコシについて、８月３及び 10 月 11 日に撮影したドローンの空撮データから、SfM ソフトを用いて DEM データを作成し、２つのデータの草高の増加量を算出し図示したところ、ほ場内の生育のムラが明瞭に示された（図２）。特に品種 A について、播種機の不調により４畝のうち１畝の播種が行われなかったため７月 20 日に追播した畝を、はっきりと見てとることができた。

また、草高の増加量の平均値は、実際に測定した草高（稈長）の伸びや現物収量について、品種間の大小関係が一致しており（表１）、栽培現場でのドローンセンシングによる収量予測の可能性が示唆された。

[具体的データ]



©Forex Robotics 株式会社

図１　飼料用トウモロコシの播種密度のヒートマップ化

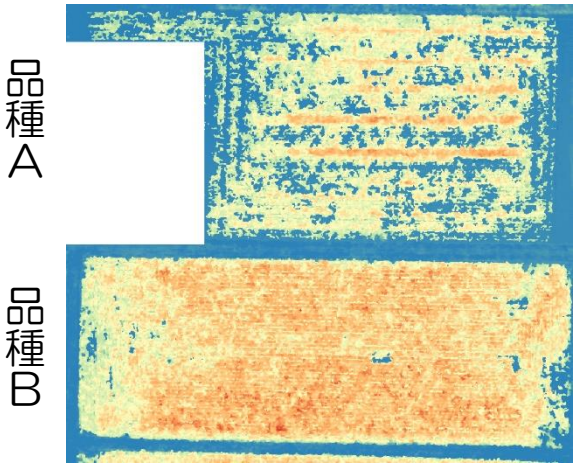


図２　栽培ほ場における草高の増加量のムラ

表１　品種間の生育量の違い

	品種A	品種B
草高の増加量（m）	1.62 ±0.68	1.86 ±0.36
8/3の草高（cm）	111	106
10/3の稈長（cm）	200	260
10/3の収量（現物kg/10a）	2,335	3,451

16　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：○三原一起、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、栽培管理に着目して作業計画を作成するための生育予測について検討する。今年度は、イタリアンライグラスの初期生育と気温との関係について調査を実施した。

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　2022/10/4、10/12、10/19、10/26、11/2、11/8、11/16、11/22　計８回
　ウ　播種量　2.5kg/10a（条播　播種幅 30cm）
　エ　試験区　2.7 ㎡（0.9m×3m）/区、３反復
　オ　施肥量　N-P_2O_5-K_2O：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　結果の概要

（１）イタリアンライグラスの播種日が遅くなるにつれて、発芽日数はほぼ長くなっていたが、播種から発芽までの基準温度 5℃の積算温度は 60.5～87.1℃となり品種の差はなかった。また、播種から出穂までの積算温度は、496.4～818.3℃、出穂日は４月 24 日～5 月 8 日となった。播種日が 10 月上旬と 11 月上旬以降～下旬では乾物収量は低下した（表 1）。
（２）11 月 16 日播種までに播種した区では、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ため、収量を確保するためには、12 月中旬までに草丈を 12～30 ㎝にするとよいと考えられた。また、11 月中旬以降に播種した区では、12 月中旬までに 10cm 未満であり、霜等の影響によってほとんど枯死したことから、年内に草丈が 10cm に達さない場合発育不良になると推察された。11 月になってからの播種では、発芽までに 10 日以上かかっており、それに伴って気温が低下するため初期生育が阻害された。
（３）1km メッシュ気象データを使用して Python で発芽～発育停止までの積算温度(今回は 11/8 日以降の収量が低下したため、145℃を指定)から、イタリアンライグラス(早生品種であるライジンで算出)の播種限界日を地図で示すことができるプログラムを作成した（図１）。

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の作成を支援するためのシステムを作成する。

[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	播種日	発芽日	播種から発芽までの日数 (日)	播種から発芽までの積算温度 (℃)	出穂始め	乾物収量 (kg/10a)	草丈 (cm)	発芽から発育停止までの積算温度 (℃)	播種から出穂までの積算温度 (℃)
ライジン	10/4	10/11	6	82.1	4/16	1460.1	109.5	446.0	714.3
	10/12	10/18	6	86.4	4/20	1499.6	136.1	364.6	664.0
	10/19	10/28	8	67.8	4/23	1546.0	131.1	285.7	611.1
	10/26	11/4	8	73.6	4/26	1492.7	136.5	234.6	577.4
	11/2	11/13	11	87.1	4/26	1546.0	132.7	187.6	488.7
	11/8	11/18	10	67.0	4/26	1360.6	126.8	145.9	530.4
	11/16	11/28	12	64.9	5/5	192.1	82.7	90.2	525.4
	11/22	12/11	19	60.5	5/5	84.0	25.9	61.2	496.4
さつきばれEX	10/4	10/10	5	69.5	4/24	1589.0	127.9	446.0	777.4
	10/12	10/17	5	69.2	4/27	1570.5	152.0	364.6	715.3
	10/19	10/28	8	67.8	4/29	1559.7	131.6	285.7	657.3
	10/26	11/4	8	73.6	5/1	1305.6	132.7	234.6	627.4
	11/2	11/13	11	87.1	5/1	1420.1	134.6	187.6	558.5
	11/8	11/18	10	67.0	5/2	1431.6	121.5	145.9	496.6
	11/16	11/28	12	64.9	5/5	257.4	63.5	90.2	553.5
	11/22	12/11	19	60.5	5/5	60.1	8.5	61.2	496.4
フウジン	10/4	10/10	5	69.5	4/29	1585.3	118.3	446.0	818.3
	10/12	10/17	5	69.2	5/1	1873.2	153.8	364.6	757.4
	10/19	10/28	8	67.8	5/2	1863.5	136.5	285.7	686.6
	10/26	11/4	8	73.6	5/3	1794.9	132.5	234.6	544.0
	11/2	11/13	11	87.1	5/3	1800.4	135.6	187.6	597.0
	11/8	11/18	10	67.0	5/3	1330.6	121.6	145.9	555.3
	11/16	11/28	12	64.9	5/5	386.9	57.0	90.2	525.4
	11/22	12/11	19	60.5	5/5	70.0	58.0	61.2	524.5

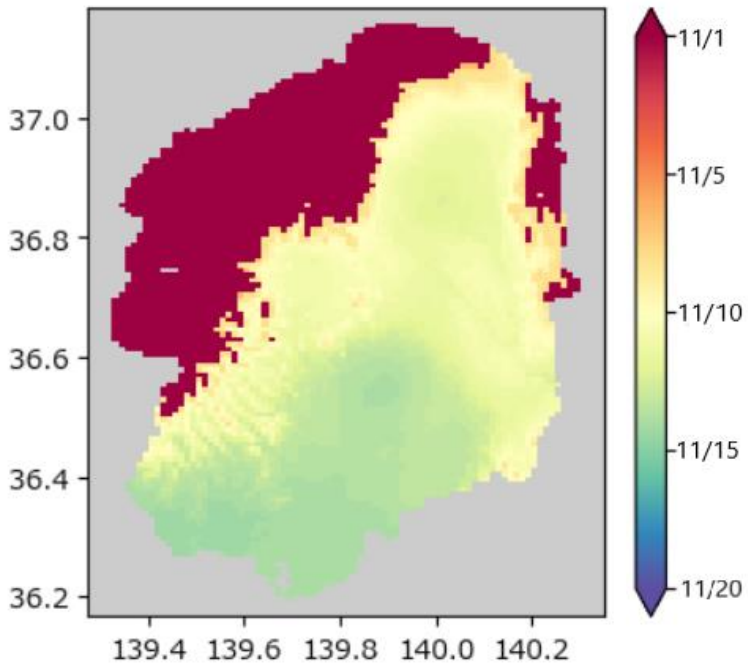


図２　作成したプログラムの一例
イタリアン(ライジン)の播種限界予測
発芽～発育停止までの積算温度を入力すると県内の播種限界が図示される
農研機構メッシュ農業気象データ（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO）を利用

17　バイオ炭の連年施用に伴う子実用トウモロコシ影響の調査

担当部署名：草地飼料研究室
担 当 者 名：○市川佳奈、三原一起、斎藤憲夫
研 究 期 間：令和 5（2023）～令和 7（2025）年度（新規）　　予算区分：受託（GI 基金事業）
－－

1　目的

大気中の温室効果ガス削減のひとつとして、バイオ炭を農地へ施用することによる炭素貯留効果が期待されている。しかし、バイオ炭の施用による土壌改良効果や農作物への影響は明らかにされていない。そこで、バイオ炭をほ場に施用した際の、子実トウモロコシへの生育及び収量への影響を調査した。

2　方法

（1）調査場所　　畜産酪農研究センター（那須塩原市千本松）内ほ場（普通黒ボク土）
（2）供試品種　　トウモロコシ「34N84」（RM108）
（3）施肥量　　N-P_2O_5-K_2O：19.0-2.7-0.0kg/10a
苦土炭カル：100kg/10a、堆肥：4.3t/10a 試験区
（4）試験区　　砕土整地前に 2 水準（200kg/10a、400kg/10a）のバイオ炭（もみ殻くん炭：栃木県農業総合研究センター作成）を施用
一区 47.25 ㎡（6.75m×7m）　2 反復
（5）栽培密度　　6,667 本/10a（条間 0.75m×株間 0.2m）
（6）調査項目　　発芽日、発芽率、初期生育、絹糸抽出期、稈長、稈径、着雌穂高、
黄熟期収量（生収量、乾物収量）、完熟期収量（子実収量、茎葉乾物収量）
土壌成分（播種前（バイオ炭散布後））

3　結果の概要

（5）初期生育はバイオ炭を施用した区で有意に低くなった。特に、葉齢はバイオ炭の施用量が多い 400kg 区で低くなった（表 1）。
（6）黄熟期の生育調査結果について、バイオ炭 200kg 区で稈径が有意に太く、着雌穂高は有意に高くなった。稈長はバイオ炭 200kg 区が最も高くなったが、試験区間で有意な差は見られなかった（表 2）。
（7）黄熟期の収量は、生収量、乾物収量ともにバイオ炭 200kg 区が最も多く、バイオ炭 400kg 区がやや少なかったが、試験区間に有意な差は見られなかった（表 3）。
（8）完熟期の収量は、バイオ炭 400kg 区で子実収量が最も多く、乾物茎葉重が最も少ない結果となったが、試験区間に有意な差は見られなかった（表 4）。
（9）播種前の土壌成分について、大きな差違は見られなかった（表 5）。

4　今後の問題点と次年度以降の計画

収量調査の結果については、同一試験区分内でも差が大きかったため、次年度も同様の試験を実施し、バイオ炭の連年施用によって子実トウモロコシ栽培に及ぼす影響を調査する。

※本研究の成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務の結果得られたものです。

［具体的データ］

表１　生育調査結果

試験区名	播種日	発芽日	発芽率 (%)	初期生育			雄穂開花期	絹糸抽出期
				調査日	草丈(cm)	葉齢(枚)		
対照区		6月6日	91.6		78.7 a	6.9 a	7月25日	7月23日
バイオ炭200	5月31日	6月6日	91.3	6月26日	78.6 a	6.7 b	7月26日	7月24日
バイオ炭400		6月6日	90.7		73.3 b	6.5 b	7月26日	7月24日

異符号間に有意差あり（p<0.05）

表２　黄熟期の生育調査結果

試験区名	調査日	刈取ステージ	稈長 (cm)	稈径 (mm)	着雌穂高 (cm)
対照区		黄熟 中期	242.5	22.6 b	130.4 b
バイオ炭200	9月1日	黄熟 中期	258.5	23.8 a	139.2 a
バイオ炭400		黄熟 中期	241.1	22.6 b	128.7 b

異符号間に有意差あり（p<0.05）

表３　黄熟期の収量調査結果

	生収量(kg/a)			乾物収量(kg/a)		
	生茎葉重	生雌穂重	生総重	乾茎葉重	乾雌穂重	乾物総収量
対照区	521.3	211.1	732.4	113.4	107.4	220.8
バイオ炭200	578.2	221.8	800.0	110.8	114.2	225.0
バイオ炭400	511.6	212.4	724.0	99.1	106.9	206.0

表４　完熟期の収量調査結果

試験区名	調査日	子実新鮮重 (kg/a)	子実乾物重 (kg/a)	子実水分率 (%)	茎葉乾物重 (kg/a)	茎葉乾物率 (%)
対照区		135.1	111.9	17.2	84.9	30.6
バイオ炭200	10月11日	135.6	111.9	17.5	87.6	30.2
バイオ炭400		146.4	121.9	16.7	71.5	30.2

表５　播種前土壌の分析結果

試験区名	pH	有効態りん酸 (mg/100g)	交換性含量			腐植含量	土性	塩基置換容量(CEC) (me/100g)	りん酸吸収係数	石灰飽和度 (%)	塩基飽和度 (%)
			カルシウム (mg/100g)	マグネシウム (mg/100g)	カリウム (mg/100g)						
対照区	5.90	112.4	53.5	85.5	476.0	富む	壌土	32.3	1716.5	52.5	69.1
200kg区	5.75	109.7	53.4	68.4	417.3	富む	壌土	30.4	1702.5	48.7	63.5
400kg区	5.80	102.8	47.3	73.6	429.2	富む	壌土	29.4	1726.5	52.2	68.0