

令和 6 年 6 月 17 日現在

機関番号：82111

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K05551

研究課題名（和文）早晩性の異なるアカクローバ品種・系統の追播適性要因の解析

研究課題名（英文）Characteristics of red clover cultivars/lines with different earliness suitable for overseeding

研究代表者

佐藤 広子 (Sato, Hiroko)

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員

研究者番号：50391363

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,500,000円

研究成果の概要（和文）：イネ科牧草オーチャードグラスおよびチモシー熟期別品種（極早生、早生、中生、晩生）の単播区に早晩性が異なるアカクローバ品種・系統（極早生、早生、晩生）を追播した。追播時の競合力、既存植生に対する定着性、追播翌年における植生推移、収量性および飼料品質を比較し、早晩性の違いによるアカクローバ品種・系統の追播適性を明らかにした。また、ドローンと深層学習を用いてアカクローバ植被率を高精度に推定できるAIモデルを作成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新規造成・完全更新（新播）では良好な草種構成を維持するため、イネ科牧草の草種・品種特性に適した混播組み合わせ（混播適性）が評価されている。しかし、追播組み合わせ（追播適性）に関する知見が少なく、研究成果を追播効率の高い組み合わせの選定に活用することで、混播草地の維持・改善に貢献する。また、ドローン空撮画像を用いたアカクローバ植被率推定AIモデルは、草地植生を客観的に評価する新たな手法としての利用が期待される。

研究成果の概要（英文）：Red clover cultivars/lines with different earliness were overseeded into pure stands of orchardgrass and timothy cultivars differing in maturity. To assess the effect of different earliness in red clover on the success of overseeding, we compared the characteristics of competitive ability, establishment, vegetation transition, yield and forage quality among these cultivars/lines in overseeded stands. We also developed a high-precision estimation system for red clover coverage using drones and deep learning.

研究分野：遺伝育種科学、作物生産科学

キーワード：アカクローバ マメ科牧草 追播 混播草地

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

マメ科牧草の混播栽培は、根粒菌による施肥量削減と蛋白質やミネラルの供給から飼料品質が向上する。しかし、マメ科牧草はイネ科牧草よりも永続性が低いため、草地からの衰退が早く、その後の裸地発生や雑草侵入に繋がり、収量と飼料品質の低下を招く。追播は、完全更新と比べて少ない作業工程で草地植生を改善できる簡易更新技術である。しかし、既存草地の上からマメ科牧草を播種しても定着しにくいことから、播種床造成法や施肥管理等の技術開発が行われ、マメ科牧草追播マニュアルが作成されている(北海道農政部、2002)。

追播では既存植生との生育競合が生じるが、アカクローバは初期生育が良好で、他のマメ科牧草よりも追播に適している。マメ科牧草では唯一早晩性の異なる品種・系統が育成されており、これまでに早生品種を用いた追播の成功事例では、経年草地のマメ科率が回復し、増収効果や飼料品質の向上が認められている。しかし、定着率は新規造成・完全更新(新播)と比べて低いため、新播の播種量が1~3kg/haに対して、追播では10~20kg/haの播種量が推奨されている。

混播栽培で相手草種の生育に影響を与える競合力は、初期生育性、出穂・開花性や刈取後の再生力が大きく影響する。また、牧草の飼料成分と水分含量は、イネ科とマメ科の違いだけでなく、草種・品種間や収穫時の生育ステージでも異なる。北海道の採草地で基幹草種となるイネ科牧草オーチャードグラスとチモシーは、収穫適期を分散させるために、出穂期が異なる熟期別品種の普及が進んでいる。新播では良好な草種構成を維持するため、イネ科牧草の草種・品種特性に適したマメ科牧草の混播組み合わせ(混播適性)が評価されている。追播においても、既存草地の草種・品種特性に適した追播品種の選定が重要であるが、追播組み合わせ(追播適性)に関する知見が少ない。

2. 研究の目的

本研究では、草種・品種特性を活用した最適な追播組み合わせにより、追播効率の安定と向上を図るため、オーチャードグラスとチモシー熟期別品種に対して早晩性の異なるアカクローバ品種・系統を用いた多様な組み合わせを設定し、追播から翌年の収穫に至る過程における追播適性要因として、追播時の競合力、既存植生への定着性、追播翌年における植生推移、収量性、飼料品質を明らかにする。また、ドローンで追播過程を空撮し、画像解析法によるマメ科率等の推定を試みる。

3. 研究の方法

(1) 追播適性評価試験

1) 供試材料

アカクローバ(RC) 供試品種・系統:「北海19号」(極早生、「ハルユウ」で品種登録出願中)、「リョクユウ」(早生)、「アンジュ」(晩生)

イネ科牧草品種:オーチャードグラス(OG)「えさじまん」(中生) チモシー(TY)「クンプウ」(極早生)「なつちから」(早生)「キリタツ」(中生)「なつさかり」(晩生)

2) 耕種概要

試験区面積:1区4.4m²(2.2m×2m) 3反復

追播方法:OGとTY単播区(2020、2021年に造成)に作溝法で1区当たりRC100g/aを追播した。

追播日:2021年8月20日、2022年8月25日

刈取条件:追播翌年にOG区、極早生TY区および早生TY区は年3回、中生TY区および晩生TY区は年2回の刈取りを実施した。1番草は、イネ科牧草の収穫適期(出穂始~出穂期)に刈取り、飼料成分を分析(外注)した。

(2) 深層学習によるマメ科牧草植被率推定AIモデルの作成

ドローンで試験区を撮影し、アカクローバの存在領域に画像処理を施して、深層学習用画像データセットを取得した。3種のAIアーキテクチャ(InceptionV3、ResNet50、VGG)から学習条件が異なるAIモデルを4つずつ作成し、マメ科牧草植被率の推定に適するAIモデルを検証した。最も精度が高いAIモデルを用いて追播翌年のRC植被率を推定した。

4. 研究成果

(1) 追播時の競合力

追播では既存植生との生育競合で定着が阻害される。追播約1ヶ月後の草勢は、極早生RCが早生RCおよび晩生RCと同等以上で、早生RCは晩生RCよりも同程度からやや優れた(表1)。既存植生に対するRCの初期生育は、極早生 早生 晩生の順に良好であった。

表1 追播アカクローバの初期生育(2か年平均)

品種・系統名	定着時草勢(1:極不良-9:極良)					
	OG区	極早生TY区	早生TY区	中生TY区	晩生TY区	平均
北海19号(極早生)	6.5	6.0	6.8	7.2	7.0	6.7
リョクユウ(早生)	6.0	5.3	6.8	6.7	6.8	6.3
アンジュ(晩生)	6.2	5.5	5.8	6.3	6.2	6.0

(2) 既存植生への定着性

夏播種による追播は、イネ科牧草や雑草との生育競合の緩和、追播当年の飼料確保や発芽定着に必要な降水量を確保しやすい利点がある。しかし、北海道の夏播種では、播種後の生育期間が短く、越冬前の生育量が定着に影響を及ぼす。

追播当年の晩秋草勢、草丈および冠部被度は、極早生 RC が晩生 TY 区の草丈を除き、早生 RC および晩生 RC と同等以上で、早生 RC は、晩生 RC と同等以上であった(表2)。翌春の RC 越冬性、萌芽良否および草勢は、極早生 早生 晩生の順に良好であった。早春から1番草生育期の RC 草丈は、極早生 > 早生 > 晩生の順に高かった。越冬の影響を含む晩秋から1番草の定着段階における RC の生育は、極早生 早生 > 晩生の順に旺盛であると考えられた。

表2 追播アカウロバの越冬前生育(2か年平均)

品種・系統名	晩秋草勢(1:極不良-9:極良)						晩秋草丈(cm)					晩秋被度(%)						
	OG区	極早生TY区	早生TY区	中生TY区	晩生TY区	平均	OG区	極早生TY区	早生TY区	中生TY区	晩生TY区	平均	OG区	極早生TY区	早生TY区	中生TY区	晩生TY区	平均
北海19号(極早生)	5.8	5.2	6.7	7.0	6.7	6.3	8.8	8.6	9.3	9.4	9.3	9.1	14	13	24	28	24	21
リョクユウ(早生)	5.3	4.7	6.5	6.3	6.3	5.8	8.4	7.6	9.1	9.2	9.8	8.8	13	11	22	24	18	18
アンジュ(晩生)	4.7	4.7	5.7	6.2	6.0	5.4	7.9	7.6	8.3	8.6	8.6	8.2	10	9	15	24	18	15

(3) 植生推移

RC 植被率を効率的に評価するため、ドローン空撮画像から学習条件の異なる 12 の AI モデルを作成した。AI モデルによる推定値と画像の真値(画像を手で塗り分けた時の植被率)を比較した結果、Inception3 を用いた I-01 モデルの推定精度が最も高かった(平均絶対誤差 = 0.50%)。本モデルを用いて評価した早春の RC 植被率は、極早生 早生 晩生の順に高く、特に OG 区の極早生 RC と晩生 RC で差が見られた。1 番草収穫時の植被率は、OG 区と極早生 TY 区では、極早生 RC が早生 RC と同程度で晩生 RC より高いが、晩生 TY 区では、晩生 RC が極早生 RC と早生 RC より高く、早生 RC が極早生 RC より高かった。2 番草の RC 植被率は、いずれも 60% 以上であった。

(4) 収量性(1番草)

OG 区

極早生 RC は着蕾始前、早生 RC と晩生 RC は未着蕾で、乾物率は同程度であった。RC 草丈は、極早生 = 早生 > 晩生の順に高かった。RC 乾物収量は、極早生 > 早生 > 晩生の順に多かった。

極早生 TY 区

極早生 RC は着蕾始前、早生 RC と晩生 RC は未着蕾で、乾物率は同程度であった。RC 草丈は、極早生 > 早生 > 晩生の順に高かった。RC 乾物収量は、極早生 > 早生 > 晩生の順に多かった。

早生 TY 区

極早生 RC は開花始前、早生 RC が着蕾始前、晩生 RC は未着蕾で、乾物率は極早生 > 早生 > 晩生の順に高かった。RC 草丈は、極早生 = 早生 > 晩生の順に高かった。RC 乾物収量は、早生 RC が極早生 RC と晩生 RC より多かった。

中生 TY 区

極早生 RC は開花始～開花期、早生 RC が着蕾始、晩生 RC は未着蕾で、乾物率は極早生 > 早生 > 晩生の順に高かった。RC 草丈は、極早生 = 早生 > 晩生の順に高かった。RC 乾物収量は、極早生 RC と早生 RC が晩生 RC より多かった。

晩生 TY 区

極早生 RC は開花期、早生 RC が開花始～開花期、晩生 RC は未着蕾で、乾物率は極早生 = 早生 > 晩生の順に高かった。RC 草丈は、早生 > 極早生 = 晩生の順に高かった。RC 乾物収量は、早生 > 極早生 = 晩生の順に多かった。

(5) 飼料品質

マメ科牧草の混播で期待される粗蛋白質(CP)とカルシウム(Ca)含量は、追播後の混播草(1番草)でイネ科単播草と比べて向上した。OG 区、極早生 TY 区および早生 TY 区では、極早生 RC と早生 RC のマメ科率(乾物中)が晩生 RC より高く、CP 含量も高かった。晩生 TY 区では、極早生 RC と早生 RC のマメ科率が晩生 RC と同程度から高いが、CP 含量は同程度から低く、生育に伴う含量の低下が考えられた。Ca も CP と同様の傾向であったが、含量の低下は緩やかであった。

以上から、追播当年から翌年の1番草収穫において、RC 品種・系統の早晩性の違いによる追播適性に関する特性を明らかにした。

- ・極早生 RC: 追播時の初期生育が良好で、越冬前の生育量が最も多かった。また、翌春の萌芽から1番草の生育が最も早く、定着時の競合力が最も強いことが示された。RC 収量は、OG と極早生 TY との組み合わせで早生 RC と晩生 RC より高かった。中生 TY 収穫時に開花始～開花期を迎え、熟期が遅い TY 品種との組み合わせでは、晩生 RC よりも飼料成分の低下が見られた。

- ・早生 RC: 追播時の初期生育と越冬前の生育は、良好であった。1 番草の草丈が、早生～中生 TY 収穫時に極早生 RC と同程度になり、RC 収量が極早生 RC と同程度から高くなった。晩生 TY 収穫時に開花始～開花期を迎え、RC 収量は晩生 RC より高いが、飼料成分の低下が見られた。

- ・晩生 RC: 追播時の初期生育が穏やかで、越冬前の生育量が最も少ない。また、翌春の萌芽から1番草の生育が最も遅く、定着時の競合力が最も穏やかであることが示された。RC 収量は、OG と熟期が早い TY 品種との組み合わせでは低い、晩生 TY 収穫時には極早生 RC と同程度になり、

飼料成分の低下も見られなかった。

また、2 番草の RC 植被率はイネ科牧草より高く、播種時期の拡大や播種量を低減できる可能性が示唆された。研究成果を追播効率の高い組み合わせの選定に活用するとともに、さらに草地更新の作業時期拡大や種子購入費の低コスト化に繋がる播種条件の検討を考えている。

<引用文献>

北海道農政部、マメ科牧草追播マニュアル、2002

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Ryo Fujiwara, Hiroyuki Nashida, Midori Fukushima, Naoya Suzuki, Hiroko Sato, Yasuharu Sanada, Yukio Akiyama	4. 巻 11
2. 論文標題 Convolutional neural network models help effectively estimate legume coverage in grass-legume mixed swards	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 frontiers in Plant Science	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpls.2021.763479	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 佐藤広子	4. 巻 19
2. 論文標題 アカクロバ極早生新品種「北海19号」の育成	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 グリーンテクノ情報	6. 最初と最後の頁 2-5
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤広子、奥村健治、廣井清貞、秋山征夫、真田康治
2. 発表標題 アカクロバ極早生系統「北海19号」の特性
3. 学会等名 日本草地学会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	秋山 征夫 (Akiyama Yukio) (70403160)	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構・北海道農業研究センター・上級研究員 (82111)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------