

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：10105

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K05588

研究課題名(和文)ライムギの二期作栽培による一般耕作地からの飼料生産の試み

研究課題名(英文)Fodder production by double-cropping system of rye

研究代表者

秋本 正博(Akimoto, Masahiro)

帯広畜産大学・畜産学部・准教授

研究者番号：60312443

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：1番草の茎葉を粗飼料として、2番草に稔る種子を濃厚飼料として収穫する二期作栽培法の確立を目的に、長稈性ムギ類のライムギを材料として適切な1番草収穫時期の検討を行った。1番草の収量は、穂揃期に収穫することで、また栄養価は穂ばらみ期に収穫することでそれぞれ高かった。2番草の収量は、1番草を穂ばらみ期に収穫した場合に高く、1番草を出穂始期、あるいは穂揃期に収穫した場合には極めて低かった。これらのことから、ライムギの二期作栽培を実践するには、1番草を穂ばらみ期に収穫することが適切であると結論づけた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在日本の飼料自給率は20%程度と極めて低く、国産飼料の増産が求められている。ライムギの二期作栽培は、一度の作付で粗飼料と濃厚飼料の両方を収穫する栽培技術で、一般耕地からの効率的な飼料の生産を可能にする。ライムギの二期作栽培については、これまで農学的な研究があまりなされてこなかったが、本研究により圃場における実践的な作付体系を確立できたことで、国産飼料の増産に向けた新たな端緒を提示できた。

研究成果の概要(英文)：To establish the double-cropping system of rye in which course feed and concentrate are produced in the first crop and the aftermath, respectively, we examined the proper time of harvesting for the first crop.

Dry matter yield of the first crop was higher in the plants harvested at panicle-forming stage, whereas, higher nutrient value was observed in the plants harvested at booting stage. Grain yield of the aftermath was higher when the first crop was harvested at booting stage, however, the aftermath regrew from the plants harvested at panicle-forming stage could produce meager grains. In conclusion the proper time of harvesting for the first crop should be booting stage for practicing double-cropping of rye.

研究分野：栽培学

キーワード：ライムギ 二期作栽培 粗飼料 濃厚飼料 飼料栄養価

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 研究開始時における日本の飼料自給率は、粗飼料と濃厚飼料を合わせて約 25% と極めて低い値であった。農林水産省は後年の目標として「国産飼料に立脚した畜産の確立」を掲げ、海外依存型の畜産体系からの脱却と、飼料の持久力向上を提唱した。

(2) ライムギは冷涼な気候に適した長稈性のムギ類である。バイオマスが高く、子実の生産性も優れることから、粗飼料としても濃厚飼料としても多収であり、飼料作物としての利用が期待されている。さらにライムギは、生育中に茎葉部を刈取った後に切株から二番草を再生するという他のムギ類にはない特徴を持つ。すなわちライムギでは、粗飼料として一番草を収穫し、再生した二番草で濃厚飼料となる子実を収穫するという多目的な「二期作栽培」が可能なのである。この二期作栽培を実践することで、農家は 1 回の作付の間に粗飼料と濃厚飼料の両方を生産でき、複数回にわたる収入の機会が得られる。畑からの飼料生産を普及し、「国産飼料に立脚した畜産の確立」を成し遂げるために、ライムギの二期作栽培は有効な手段になると期待が寄せられた。

2. 研究の目的

本研究では、「ライムギを用いた二期作栽培による飼料生産の実践化」に必要なライムギの栽培体系を確立するために、次の事項を目的として行った。

(1) ライムギを多目的作物としてとらえ、二期作栽培において「飼料価値の高い一番草を得ることを前提に、二番草において濃厚飼料となる子実を高水準で生産する」ための適切な一番草の収穫方法や肥培方法を追求する。

(2) 既存のライムギ品種から育成した合成系統を用い、二期作栽培に適性を持つ新たな系統を選抜する。

3. 研究の方法

(1) ライムギ品種「ふゆ緑」、および「4R-507」を、2019 年から 2021 年まで帯広畜産大学、および酪農学園大学の試験圃場で栽培した。ライムギが穂ばらみ期、出穂始期、および穂揃期を迎えたときに、それぞれ一番草を収穫した。得られた一番草の乾物収量を評価するとともに、化学分析により一番草の栄養価を評価した。さらに、それぞれの生育ステージで一番草を収穫した株から二番草を再生させ、登熟期に子実収量を評価した。

(2) 2021 年にライムギ品種 4R-507 を用いて二期作栽培を行った。栽培期間中の起生期と一番草収穫後に、それぞれ窒素肥料を成分量で $0\text{g}/\text{m}^2$ 、 $3\text{g}/\text{m}^2$ 、 $6\text{g}/\text{m}^2$ と変えて追肥した。そして、窒素施肥量と一番草や二番草における収量との関係性を評価した。なお、一番草の収穫は、ライムギの穂ばらみ期に行った。

(3) 既存のライムギ 10 品種を任意交配させて育成した合成系統 F3 集団を帯広畜産大学試験圃場で二期作栽培し、F5 世代まで更新した。F5 世代の株の中から、二番草における分けつ数や子実の生産性などを指標として二期作栽培に適したものを選抜した。

4. 研究成果

(1) ライムギの生育や収量は、いずれの年次、品種においても同様の傾向を示した(表 1)。一番草の乾物収量は、穂ばらみ期、出穂始期、穂揃期と収穫を行う生育ステージが後期になるほど高かった。試験期間を通じた一番草の乾物収量の平均値は、ふゆ緑で穂ばらみ期に収穫した場合に $258.1\text{g}/\text{m}^2$ であったのに対し、穂揃期に収穫した場合には $497.0\text{g}/\text{m}^2$ とおよそ 2 倍も高かった。また、4R-507 では、穂ばらみ期に収穫した場合に $345.1\text{g}/\text{m}^2$ であったのに対し、穂揃期に収穫した場合には $497.6\text{g}/\text{m}^2$ と 1.4 倍も高かった。一方、一番草の栄養価は、収穫を生育の早期に行った場合ほど高かった(表 2)。ふゆ緑、4R-507 とともに、一番草の細胞内容物(OCC)や易消化性繊維(0a)の含有率は穂ばらみ期に収穫した場合に最も高く、収穫を行う生育ステージが後期になるほど低かった。また、難消化性繊維(0b)の含有率は、穂揃期に収穫した場合に最も高かった。その結果、可消化養分総量(TDN)の値は、穂ばらみ期に収穫した場合に最も高かった。粗飼料として一番草の生産性を評価すると、収量の面からは穂揃期に、栄養価の面からは穂ばらみ期に収穫を行うのが適切であることが示された。

ライムギを二期作栽培した場合の二番草における子実収量は、慣行的に一期作栽培した場合の子実収量に比べ明らかに低かった(表 1)。二番草における子実収量は、ふゆ緑、4R-507 とともに一番草を穂ばらみ期に収穫した場合に最も高かった。一方で、一番草を穂揃期に収穫した場合には、二番草の子実収量がふゆ緑で $30.0\text{g}/\text{m}^2$ 、4R-507 で $78.3\text{g}/\text{m}^2$ と極めて低かった。これは、一番草を穂揃期に収穫した植物でその後の二番草の再生が緩慢であり、分けつ数が少なかったこ

表1. 二期作栽培を行ったふゆ緑、および4R-507における一番草と二番草の生育、収量。値は、試験機関を通じた各品種の平均値±標準誤差。

一番草収穫時期	一番草			二番草		
	分けつ数 (本/m ²)	草丈 (cm)	乾物収量 (g/m ²)	子実収量 (g/m ²)	1000粒重 (g)	タンパク質含有率 (%)
ふゆ緑						
一期作	-	-	-	547.5 ± 16.4 a	27.0 ± 0.4 a	13.7 ± 0.2 b
穂ばらみ期	980.5 ± 16.5	76.0 ± 1.0 c	258.1 ± 3.7 c	233.8 ± 8.7 b	21.4 ± 0.3 b	13.9 ± 0.1 b
出穂始期	977.6 ± 24.6	93.0 ± 1.1 b	358.0 ± 14.7 b	205.3 ± 19.9 b	20.5 ± 0.3 b	14.0 ± 0.1 b
穂揃期	963.0 ± 17.3	99.2 ± 1.3 a	497.0 ± 22.6 a	30.0 ± 3.6 c	17.8 ± 0.3 c	15.6 ± 0.1 a
ANOVA	ns	**	**	**	**	**
4R-507						
一期作	-	-	-	406.8 ± 31.3 a	37.0 ± 0.9 a	11.2 ± 0.1 c
穂ばらみ期	843.5 ± 37.5 a	82.7 ± 2.1 c	345.1 ± 15.7 a	282.5 ± 18.6 b	27.9 ± 0.8 b	11.2 ± 0.2 c
出穂始期	817.3 ± 39.2 ab	100.1 ± 0.9 b	460.3 ± 25.5 ab	140.8 ± 17.3 c	24.8 ± 1.2 c	12.8 ± 0.2 b
穂揃期	798.4 ± 22.4 b	108.5 ± 0.8 a	497.6 ± 26.1 b	78.3 ± 9.4 d	22.4 ± 0.9 d	13.5 ± 0.3 a
ANOVA	*	**	*	**	**	**

* : P<0.05, ** : P<0.01

表2. 二期作栽培を行ったふゆ緑、および4R-507における一番草の栄養価。値は、試験機関を通じた各品種の平均値±標準誤差。

一番草収穫時期	灰分 (%)	OCC (%)	OCW			TDN (%)
			Oa (%)	Ob (%)	Oa + Ob (%)	
ふゆ緑						
穂ばらみ期	6.9 ± 0.1	43.0 ± 0.7 a	17.5 ± 0.3 a	32.7 ± 0.8 c	50.2 ± 0.8 c	70.9 ± 0.4 a
出穂始期	7.1 ± 0.2	36.6 ± 0.5 b	17.5 ± 0.2 a	38.8 ± 0.4 b	56.4 ± 0.4 b	68.1 ± 0.2 b
穂揃期	7.2 ± 0.1	25.6 ± 0.9 c	14.5 ± 0.7 b	52.6 ± 1.5 a	67.2 ± 0.9 a	60.5 ± 0.9 c
ANOVA	ns	**	**	**	**	**
4R-507						
穂ばらみ期	9.0 ± 0.1 a	34.6 ± 0.6 a	16.1 ± 0.7 a	40.3 ± 1.1 c	56.5 ± 0.6 c	65.1 ± 0.8 a
出穂始期	8.5 ± 0.1 b	29.9 ± 0.4 b	11.8 ± 0.8 b	49.8 ± 0.5 b	61.6 ± 0.5 b	59.4 ± 0.6 bc
穂揃期	7.7 ± 0.1 c	23.6 ± 0.6 c	11.1 ± 0.8 b	57.7 ± 0.8 a	68.8 ± 0.5 a	56.3 ± 0.6 c
ANOVA	**	**	**	**	**	**

* : P<0.05, ** : P<0.01

とに起因する。また、子実のタンパク質含有率は、一番草を生育ステージの後期に収穫したもののほど高かった。これは、子実への炭水化物の蓄積量が少なかったことで相対的にタンパク質の含有率が高い値になったのだと考えられる。濃厚飼料としての二番草の生産性を評価すると、収量の面から一番草を穂ばらみ期に収穫することが適切と示された。

一番草を粗飼料として、二番草を濃厚飼料としてそれぞれ利用することを前提に、ライムギの二期作栽培を行う場合、一番草における栄養価や二番草における子実収量の面から、一番草の収穫は穂ばらみ期に行うことが適切であると結論づけられた。

(2) ライムギが起生期を迎える4月上旬に窒素肥料を追肥することによって、一番草の収量が変化した。起生期に窒素肥料の追肥を行わなかった場合、一番草の乾物収量は、362.1g/m²であった。これに対し、成分量で3g/m²の窒素肥料を追肥した場合には、一番草の乾物収量が442.1g/m²とおよそ1.2倍高かった。また、成分量で6g/m²の窒素肥料を追肥した際の一番草の乾物収量は482.1g/m²であり、3g/m²の追肥を行った場合との間に大きな値の差が認められなかった。これらのことから、起生期に窒素成分量で3g/m²の追肥を行うことにより、効果的に一番草の収量を高められると結論づけられた。

一番草収穫後に窒素肥料を追肥することによって、二番草の子実収量が変化した。一番草収穫後に窒素肥料の追肥を行わなかった場合、二番草の子実収量は220.0g/m²であった。これに対し、成分量で3g/m²の窒素肥料を追肥した場合には、二番草の子実収量が292.1g/m²と1.3倍高かった。一方、成分量で6g/m²の窒素肥料を追肥した場合には、二番草で激しい倒伏が生じ、子実収量が110.5g/m²と低下してしまった。これらのことから、二番草における子実収量を高めるためには、一番草の収穫後に窒素成分量で3g/m²の追肥を行うことが適切であると結論づけられた。

(3) 合成系統F3集団を二期作栽培した際に、二番草の再生が良好である株、および大型の穂を分化した株から優先的に採種を行い、F4集団を得た。同様にF5集団を得る際には大型の穂を分化した株、および稈長が高い株から優先的に採種を行った。このようにして得られた種子から、2020年に約2000個体で構成されるF5集団を育て二期作栽培した。二番草の登熟期に、大型の穂を分化した株、および稈長が高い株をそれぞれ40個体ずつ選抜した。今後、これらの個体の純系化、および交雑による新たな多型の創出を行っていくことで、二期作栽培に適したライムギ品種を育成するための母本資源として活用していく計画である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 秋本正博、岡本歩奈美、義平大樹
2. 発表標題 ライコムギの二期作栽培における適切な一番草刈取り時期の検討
3. 学会等名 日本作物学会第294回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 秋本正博、義平大樹
2. 発表標題 ライムギの二期作栽培による飼料、および穀粒の生産
3. 学会等名 日本作物学会第247回講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小池悠太、義平大樹、秋本正博
2. 発表標題 長稈性ライムギにおける基肥窒素施肥量および播種密度が生育・収量に及ぼす影響
3. 学会等名 日本育種学会・日本作物学会北海道談話会
4. 発表年 2018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	義平 大樹 (Yoshihira Taiki) (50240346)	酪農学園大学・農食環境学群・教授 (30109)	

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
---------	---------