

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 4 日現在

機関番号：46307

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26450023

研究課題名(和文) マメ科緑肥すき込みと出穂後追肥の最適化による環境負荷軽減型ハトムギ栽培体系の構築

研究課題名(英文) Development of cultivation with plowing hairy vetch and optimization of top dressing at heading stage of job's tears

研究代表者

杉本 秀樹 (Sugimoto, Hideki)

松山短期大学・商科・教授(移行)

研究者番号：40112255

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：ハトムギ栽培における肥培管理の高度化を目指して、基肥にヘアリーベッチの導入と重点施肥時期の検討を行った。

ヘアリーベッチのすき込み乾物量はすき込み時期を遅くすることで減少した。出穂期までの窒素地上部窒素吸収量は、ヘアリーベッチ由来が20～50%程度であったことから、すき込んだヘアリーベッチが栄養生長期を通して旺盛なハトムギの乾物生産に寄与していることが推察された。穀実重は7日前すき込みが高く、すき込み区の穀実重は化学肥料条件に比べて同程度もしくは高くなった。重点施肥時期の検討では、穀実重は、分けつ期に重点施肥した中間肥区において有意に高い値を示し、次いで基肥区、実肥区の順となった。

研究成果の概要(英文)：Development of cultivation was conducted by the introduction of plowing hairy vetch and timing of higher top nitrogen dressing of job's tears.

Dry matter weight of hairy vetch decreased with being late at timing of plowing. The 20 to 50% of nitrogen absorbed by job's tears at heading stage was from hairy vetch, that suggest that plowed hairy vetch contributes to vigorous growth of job's tears during vegetative stage. Grain yield of job's tears in plowing hairy vetch at 7 days before sowing was higher than that at 30 days, and was same level as that in chemical fertilizer. Furthermore, grain yield was the highest in higher top dressed at tillering stage.

研究分野：作物学

キーワード：ハトムギ マメ科緑肥すき込みヘアリーベッチ 窒素重点施肥時期

### 1. 研究開始当初の背景

ハトムギは子実にはヨクイニンを含んでおり、利尿、鎮痛作用、いぼとりに効果があり、また近年では美容への有効性から化粧水としても使用されている。国内の代表的な産地である富山県氷見市、岩手県花巻市、栃木県小山市ではペットボトル茶をはじめ、酒、菓子等として幅広く加工され、地域振興の一翼を担っている。耐湿性に優れていることから、水田転換作物として導入する地域も多く、今後も増加が予想される耕作放棄地での栽培も期待されている。

施肥体系としては、追肥を行わない基肥重点施肥が栽培管理の省力化として提唱されているが、安定して高収量を得るためには基肥量よりも追肥量を多くする追肥重点施肥が適していると考えられる。この場合、追肥は栄養成長期に1回、出穂開始後に1~2回行う。とくに出穂後の追肥が収量確保の上で重要であるが、個体内での出穂は一斉に行われず長期間にわたるため、出穂開始後の追肥時期ならびにその量が明らかになっていない。申請者はこれらの点について2013年より調査を開始して、ハトムギの出穂は40日以上継続することと出穂開始後20日頃の追肥が収量を高くすることなどが明らかになりつつある。窒素施用量は15~20kg/10aとイネに比べて著しく多く、追肥重点型の施肥体系では基肥は全施用量の約40%である。

本研究課題では、生産性を維持するとともに土壌および周辺環境への化学物質による汚染の抑制を同時に実現させることが持続可能な生産環境を保持する点で重要であるという観点から、基肥および出穂開始後の追肥に分けて施肥体系の改善を行う。

### 2. 研究の目的

本研究では、ハトムギ栽培における施肥体系の検討を基肥と出穂後の追肥に分けて行い、基肥は前作となるマメ科緑肥作物の種類、播種時期およびすき込み時期について、また、出穂後の追肥は適正な追肥時期とその量を明らかにすることを試み、得られた結果より最適な緑肥作物種の選定、出穂後の追肥窒素の吸収特性、各器官への分配特性、穀実への光合成産物の集積および収量を関連させて解析し、環境負荷軽減型ハトムギ高位生産性施肥管理技術の確立を目指す。

### 3. 研究の方法

#### (1) 窒素分施肥体系の検討

供試材料として中生短稈品種あきしずくを用いた。愛媛大学農学部内水田転換畑において2014年から2016年の5月中旬に栽植密度6.25株/m<sup>2</sup>(80cm×20cm)で播種した。窒素分施肥処理として、基肥、分けつ期および出穂開始18日目頃に重点施肥を行う3処理区(それぞれ基肥区、追1区および追2区)を設けた(第1表)。また、栽培期間を通して窒素施

第1表. 各処理区における窒素施用時期と施用量.

処理区	窒素施用量(g/m <sup>2</sup> )		
	基肥	追肥1回目	追肥2回目
基肥区	9	3	3
追1区	3	9	3
追2区	3	3	9
無肥区	0	0	0

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびK<sub>2</sub>Oは基肥としてそれぞれ5g/m<sup>2</sup>および6g/m<sup>2</sup>施用した。

肥をしない無肥区も設けた。P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>およびK<sub>2</sub>Oは基肥としてそれぞれ5g/m<sup>2</sup>および6g/m<sup>2</sup>施用した。出穂開始は7月19~25日、成熟期は9月23~26日であった。生育調査(草丈および茎数)を7日毎に行った。追肥前日に植物体を採取し、2日間80℃で乾燥後に地上部器官・部位別乾物重を測定した。成熟期で各区画5株を刈り取り、各器官および部位に分け、乾物重を測定するとともに、成熟期には収量および収量構成要素を調査した。

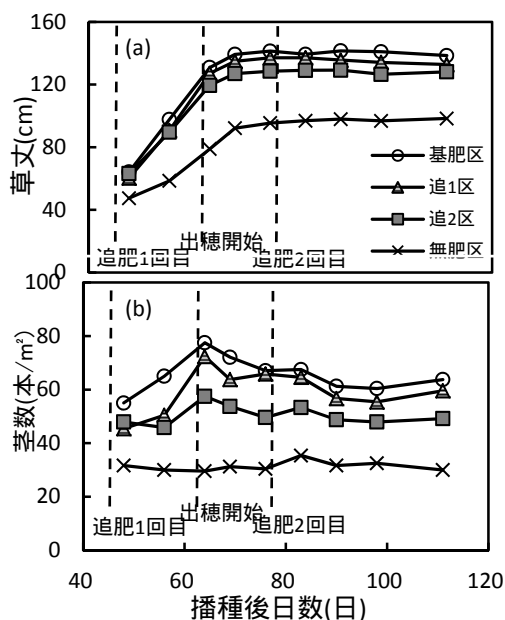
#### (2) 緑肥作物へアリーベッチのすき込み時期とすき込み量の検討

供試材料は、アリーベッチ「まめ助」とハトムギ「あきしずく」を用い、愛媛大学農学部附属農場周辺の圃場で栽培した。アリーベッチは2015年10月26日に4g、8gおよび12g/m<sup>2</sup>(HV4, 8および12)の3条件で播種した。アリーベッチのすき込みはハトムギ播種の30日前(B30)または7日前(B7)に行った。ハトムギは2016年5月22日に栽植密度6.25株/m<sup>2</sup>となるように3粒ずつ播種し、間引きを行った後1本立てとした。通常、生育期間を通して追肥を2回行うが、すき込み区では分けつ期の追肥(追肥1回目)を行う処理(TD)と行わない処理(NTD)を設けた。また、出穂後の追肥(追肥2回目)は全ての処理区に行った。慣行条件(CF)を対照区とするとともに、緩効性肥料を全量基肥施用の条件(SR)および無施肥条件(NF)も設けた。すき込み時におけるアリーベッチの地上部乾物重および窒素含有量、ハトムギ播種および追肥時の土壌中硝酸態窒素含有量、ハトムギの生育、追肥時および成熟期の地上部乾物重および窒素含有量を調査した。また、成熟期に収量および収量構成要素を解析した。

### 4. 研究成果

#### (1) 窒素分施肥体系の検討

草丈および茎数は、窒素施用を行った3処理区において無肥区よりも大きい値を示した(第1図)。穀実重は、窒素施用を行った3処理区で有意な差は認められなかったが、基肥区で最も高い傾向を示し、次いで追2区、追1区、無肥区の順となった(第2表)。収量構成要素も、窒素施用区内で有意な差は認められなかった。3年間の穀実収量および収量構成要素を比較すると、穀実重は有意な年次間差は認められなかったが、有意な処理区間差が認められた(第3表)。2016年において、茎数は他年次より有意に多くなったが、鞘状苞



第1図. 草丈(a)と茎数(b)の経時的変化.

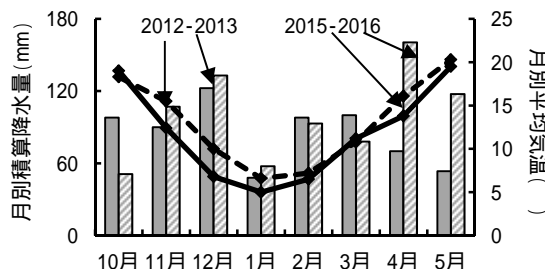
数, 着粒数は有意に少なくなった. 高収量を得るためには茎数を多くすることが重要であるが, 2016年では茎数が多いにもかかわらず, 高収量は得られなかった. 2016年の降水量は, 分けつ期である6月に多雨であり, 登熟期である8月に少雨であった. また, 2016年は2014年, 2015年と比較して, 茎数に対しての穀実重が低くなった. これらのことから, 6月の多雨により, 茎数は増加したものの, 8月に少雨であったために, 着粒数が少なく, 成熟粒歩合が低くなったことが推察された. 3年間の窒素施用区での穀実収量と収量構成要素を比較すると, 穀実重は, 分けつ期に重点施肥した追1区において有意に高い値を示し, 次いで基肥区, 追2区の順となった. 鞘状苞数も, 追1区において有意に高い値を示し, 次いで基肥区, 追2区の順となった. また, 追1区, 基肥区において, 成熟粒歩合も高い傾向が認められた. これらのことから, 栄養成長期の重点施肥が鞘状苞数を増加させ, その結果, 穀実重が増加することが推察された. 3年間の出穂開始期の茎数と成熟期の穀実重との間には, 有意な相関関係が認められた. このことから, 出穂開始期までに茎数を多く確保することが, 高収量を得るために重要であると推察された. 以上のことから, 栄養成長期の重点施肥により, 出穂開始までに茎数を多く確保し, 成熟期に鞘状苞数を増やすことで, 穀実収量を増加させることが明らかとなった.

(2) 緑肥作物ヘアリーベッチのすき込み時期とすき込み量の検討

すき込み乾物量および窒素投入量はヘアリーベッチのすき込み時期を遅くすることで減少した(第2表). ヘアリーベッチ生育期間中の11月~1月および4月の平均気温が高かったことから(第2図), ヘアリーベッチの開花時期が例年より早く, また, 4月およ

第2表 ヘアリーベッチのすき込み量およびC/N比

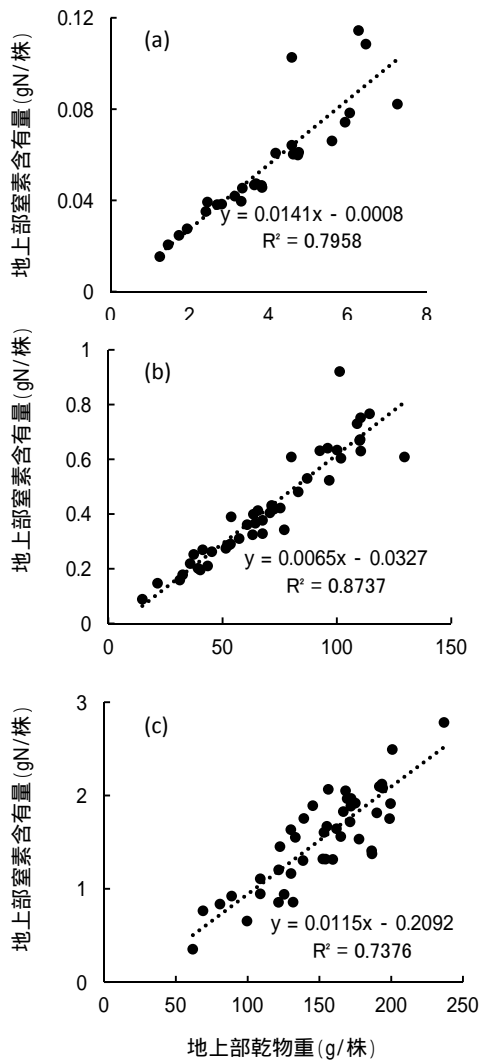
処理区	生体重	乾物重	N含有率	N含有量	C/N比
すき込み時期/播種量	g/m <sup>2</sup>	g/m <sup>2</sup>	%	g/m <sup>2</sup>	
B30/HV4	2160	380	1.70	6.4	16.9
B30/HV8	3520	540	3.25	17.6	11.7
B30/HV12	3160	565	2.73	15.4	12.9
B7/HV4	960	298	1.47	4.4	21.1
B7/HV8	1040	314	1.60	5.0	17.1
B7/HV12	2000	553	1.90	10.5	17.1



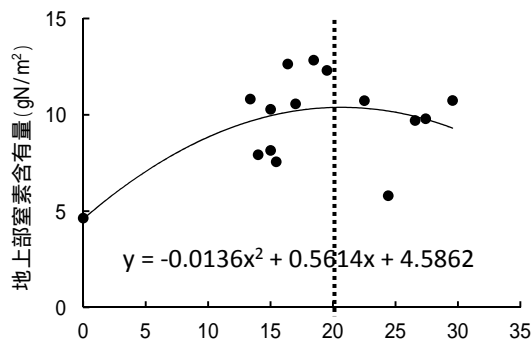
第2図 ヘアリーベッチの生育期間における気象条件

び5月の降水量が多かったためにB30以降ヘアリーベッチの枯れ上りが発生し, すき込み量の減少したことが示唆された. 各生育期間におけるハトムギの地上部乾物重と地上部窒素含有量の間には高い正の相関が認められた(第3図). このことから, ハトムギの乾物生産には窒素含有量, すなわち窒素吸収量を増やすことが重要であることが明らかになった. 出穂期までの窒素地上部窒素吸収量のうち, ヘアリーベッチ由来の窒素はNTD区で45~60%, TD区で20~50%程度であったことから, ヘアリーベッチすき込みの栄養生長期を通じた旺盛な乾物生産への寄与が推察された(第3図). 地上部窒素含有量は投入窒素量が20gN/m<sup>2</sup>でピークを迎えた(第4図). したがって, 最適窒素投入量は現行の投入量よりも約30%多い20.gN/m<sup>2</sup>であり, 過剰な窒素投入は乾物生産に寄与しないことが示唆された. 穀実重はすき込み区において7日前すき込みが高く, また1回目の追肥については追肥を実施した方が高くなった. また, すき込み区の穀実重はCF区に比べて同程度もしくは高くなる傾向にあった. 収量および収量構成要素は, 播種量による有意な差は認められなかったことから, 本試験におけるすき込み量は十分であったと推察された. 穀実重と播種132日目(成熟期)における地上部乾物重の間には高い正の相関が認められた. このことから十分な地上部乾物重の確保が収量向上に重要であることが示唆された.

以上のことから, ハトムギ栽培への緑肥作物ヘアリーベッチの基肥としての利用は十分に可能であることが明らかになった. また, ハトムギ栽培へ導入する際のヘアリーベッチ播種量は4g/m<sup>2</sup>, すき込み時期は播種直前が適当である. そして, ハトムギの乾物生産に最適な窒素投入量は20gN/m<sup>2</sup>であることが明らかとなった. したがって, 追肥1回目に関しては十分なすき込み量を確保することができれば不要であることが示唆された. ヘアリーベッチ播種量を4kg/10aとした場合の

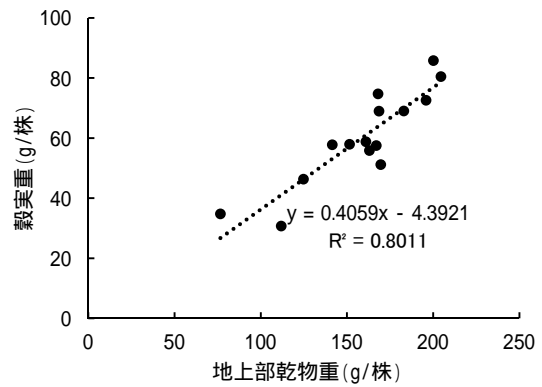


第3図 播種43日目(a), 播種76日目(b)および播種132日目(c)における地上部乾物重と窒素含有量の関係



第4図 播種132日目の地上部窒素含有量と窒素投入量の関係

投入窒素量(gN/m<sup>2</sup>)



第4図 播種132日目における穀実重と地上部乾物重の関係

コストは4000円程度, 化学肥料の基肥にかかるコストは2730円/10a, 基肥および追肥1回目は3500円程度/10aと試算した。ヘアーベッチは同一圃場で継続して利用する場合2年目以降は播種量を減らすことができるため, 継続してハトムギ栽培にヘアーベッチを導入するのであればコストの面から見ても利用可能であると考えられた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0件)

〔学会発表〕(計 6件)

(1) 竹原彩・伊藤玲里子・荒木卓哉・杉本秀樹・岡三徳, ハトムギの穂内の個葉光合成速度および<sup>13</sup>C光合成産物の分配に着目したソースシンク関係の解析, 日本作物学会第238回講演会, 2014年9月10日, 愛媛大学城北キャンパス(松山市)。

(2) 田中宏昌・竹原彩・中澤春貴・荒木卓哉・杉本秀樹・岡三徳, 窒素の分施肥体系がハトムギの乾物生産, 収量および収量構成要素に及ぼす影響, 日本作物学会四国支部第50回講演会, 2014年11月28日, 香川大学農学部(香川県木田郡三木町)。

(3) 荒木卓哉・田中宏昌・竹原彩・中澤春貴・松原秀和・杉本秀樹・岡三徳, 異なる窒素分施肥体系がハトムギの乾物生産, 収量および施肥窒素吸収率に及ぼす影響, 日本作物学会第240回講演会, 2015年9月6日, 信州大学工学部(長野市)。

(4) 荒木卓哉・竹原彩・松原秀和・古川翔・岡三徳・杉本秀樹, ハトムギにおける光合成速度,<sup>13</sup>C同化産物の分配および非構造性炭水化物の動態に着目したソースシンク関係の解析, 日本作物学会第241回講演会, 2016年3月29日, 茨城大学水戸キャンパス(水戸市)。

(5) 荒木卓哉・竹原彩・松原秀和・古川翔・杉本秀樹, ハトムギ穂内における各部位の光合成速度および<sup>13</sup>C同化産物の分配に着目したソースシンク関係の解析, 日本作物学会第

242 回講演会，2016 年 9 月 10 日，龍谷大学農学部（大津市）。

（6）釘村英侑・古川翔・竹原彩・松原秀和・荒木卓哉・杉本秀樹，窒素の分施体系がハトムギの乾物生産，収量および窒素利用効率に及ぼす影響，日本作物学会四国支部第 52 回講演会，2016 年 11 月 24 日，高知大学農林海洋科学部（南国市）。

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

出願状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

杉本 秀樹 (SUGIMOTO, Hideki)  
松山短期大学・商科・教授  
研究者番号：4 0 1 1 2 2 5 5

### (2) 研究分担者

荒木 卓哉 (ARAKI, Takuya)  
愛媛大学・社会連携推進機構・准教授  
研究者番号：1 0 3 6 3 3 2 6

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：

### (4) 研究協力者

( )