

研究報文

ヘアリーベッチ導入水田における 中苗移植された稲の生育と収量

堀元栄枝^{*1,*3}・藤井義晴^{*2}・荒木 肇^{*1,*4}

^{*1} 新潟大学農学部

^{*2} 農業環境技術研究所

^{*3} 現所属; 佐賀大学農学部

^{*4} 現所属; 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター

Growth and Yield of Middle Seedling Grown Rice in Paddy with Hairy Vetch

Sakae HORIMOTO^{*1,*3}, Yoshiharu FUJII^{*2} and Hajime ARAKI^{*1,*4}

^{*1} Faculty of Agriculture, Niigata University

^{*2} National Institute for Agro-Environmental Science

^{*3} Present address; Faculty of Agriculture, Saga University

^{*4} Present address; Field Center for Northern Biosphere, Hokkaido University

1. 緒言

近年、環境保全や食の安全への関心が高まり、農業の現場では減農薬・減化学肥料への取組みが盛んになってきている。こうした背景から、化学肥料の普及により衰退していった緑肥作物を導入した水稲栽培が再び見直されつつある。水田の裏作として栽培されていた緑肥作物にはレンゲ (*Astragalus sinicus*) やナタネ (*Brassica* spp.) などがあるが、それらは土壌への窒素供給や物理性の改善を目的とすき込まれ、また、油などの副産物を得るためにも利用されてきた。

著者らは窒素供給源になるマメ科のヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) に注目しており、従来のすき込み法と不耕起でマルチとして利用する方法で水稲栽培に導入してきた (堀元ら 2002)。ヘアリーベッチは窒素含有量が約4%と高く (Hargrove 1986)、C/N比も低い (Ranells and

Wagger 1997) ことから窒素供給能力が高い。一方、茎葉が蔓性という形態的特性から物理的な雑草抑制効果が高い (Teasdale and Mohler 1993)。また、Kamo *et al.* (2003) によってヘアリーベッチのアレロケミカルも同定され、物理的な抑制の他にもアレロパシー作用による雑草抑制効果も期待される。

このように、ヘアリーベッチは化学肥料や除草剤の代替となる可能性が高い植物であるが、圃場レベルにおける研究はあまり進んでいない。

著者らはヘアリーベッチのすき込みやマルチとして導入した水田に、稚苗を移植すると、生育初期に茎数増加が抑制され、特に不耕起でマルチとして利用した水田でその傾向が著しかったことを報告している (堀元ら 2002)。このため、水稲の安定生産にはヘアリーベッチによる水稲の生育遅延を軽減し、初期生育を確保する技術が必要である。

育苗期間の短い葉齢の小さな稚苗は本田での栄養生長期間が長くなり、移植日が同じである場合は中苗・成苗に比べると出穂がやや遅れることが知られている (角田ら 1992)。中苗移植であれば、葉齢が進んでいるためにヘアリーベッチ導入における水稲の初期生育遅延の軽減などが期待で

平成 20 年 1 月 15 日受付

平成 20 年 5 月 15 日受理

Corresponding author

堀元栄枝 Sakae HORIMOTO

〒849-0903 佐賀市久保泉町和泉 1841

1841 Shimoizumi, Kuboizumimachi, Saga, 849-0903

E-mail : sakae55@cc.saga-u.ac.jp

きると考えられる。本研究ではヘアリーベッチ導入水田で移植する苗の生育ステージを変えることによって水稻の生育と収量を慣行栽培である稚苗移植と比較検討した。

2. 材料および方法

1) 試験区の準備

試験は2002年に茨城県つくば市農業環境技術研究所内にある5aの水田圃場（土性は淡色黒ボク土）で実施した。供試圃場は畑作圃場からの転換田であり、カヤツリグサ科のタマガヤツリ (*Cyperus difformis* L.), イヌホタルイ (*Scirpus juncooides* Roxb. Var. *ohwianus* T. Koyama), およびタイワンヤマイ (*Scirpus wallichii* Nees) が多く発生する水田である。この水田では試験を開始する2年前より、ヘアリーベッチを水稻の前作として栽培する二毛作体系を行ってきた。

試験は移植苗の大きさを稚苗と中苗の2水準で設定した。移植時における稚苗と中苗の生育ステージはそれぞれ、不完全葉を含み、稚苗で3.8葉、草丈は15.7 cm, 中苗で5.2葉、草丈は20.7 cmであった。試験は2反復で行った。

試験区は慣行栽培（ヘアリーベッチ不使用、化学肥料・除草剤使用、以下慣行区）、ヘアリーベッチすき込み栽培（化学肥料・除草剤不使用、以下HVすき込み区）およびヘアリーベッチ不耕起マルチ栽培（化学肥料・除草剤不使用、以下HVマルチ区）の3水準を設定した。慣行区の元肥には化成肥料（14-14-14：尿素全量14%内アンモニア性窒素12%、可溶性りん酸14%内水溶性りん酸10%、水溶性加里14%、千葉興産株式会社）を用いた。施肥成分は3要素とも5 kg/10 aとし、代かき時に土壤中に施肥した。追肥にはNK化成（尿素全量17%内アンモニア性窒素15.5%、可溶性加里17%、日本肥料株式会社）を用いた。窒素とカリは成分量で各2 kg/10 aとし、幼穂形成期の8月1日に手撒きした。慣行区における除草剤の散布は移植10日後に行った。水深3 cmの条件で除草剤ダイムロン・ベンスルフロンメチル・メフェナセット粒剤（ダイムロン：1.50%、ベンスルフロンメチル：0.17%、メフェナセット：3.50%含有）を3 kg/10 aで処理した。

ヘアリーベッチ（‘ヘアリーベッチ’雪印種苗）の種子を2001年11月1日に4 kg/10 aで播種した。翌年2002年5月17日に開花終期のヘアリー

ベッチをすき込みか不耕起でマルチとした。HVすき込み区ではバロネスハンマーモア80（ホンダ技研）でヘアリーベッチを刈り取り、約5から10 cmに裁断後、耕耘機で土壤中にすき込んだ（耕深約10 cm）。HVマルチ区では繁茂状態のヘアリーベッチを刈り倒しなどの手を加えずローラーで鎮圧した。これらの作業のあとに水田圃場を区切る畦畔板（波板）を設置し、灌漑を開始した。慣行区、HVすき込み区の代かきは5月17日に行った。

本試験で使用した水稻品種は‘コシヒカリ’とした。種籾は4月20日に一箱あたり190 gで播種した。播種後、ヒドロキシイソキサゾール1000倍液を一箱あたり0.5 Lで散布した。催芽は30°Cに設定した育苗機に入れて行った。催芽後の育苗箱をビニールハウス、トンネル内へ適宜移動し、苗を順化しながら育苗した。

試験区への田植えは5月23日に手植えで行い、一株あたり2本植えとした。栽植密度は株間15 cm, 条間30 cmとした。試験圃場は全体的に減水深が大きく、特にHVマルチ区は大きいので、試験期間中の水管理は掛け流しで行い、中干しは行わなかった。

2) ヘアリーベッチのバイオマス

ヘアリーベッチの地上部バイオマスは2002年5月17日に30 cm×30 cm コドロードを用いて6箇所より、地際からサンプリングした。刈り取った地上部は70°Cで48時間乾燥後、乾物重量を測定した。

3) 水稻の生育および葉身窒素含有量調査

水稻の生育調査は連続した10株の草丈、茎数について調査した。また、連続した10株の葉身窒素含有量を葉身窒素測定器（アグリエキスパート、佐竹製作所）を用いて1株あたり2葉を供試し、移植後2週間（6月6日）、4週間（6月20日）、8週間（7月18日）および15週間（9月5日）に調査した。水稻が最大に繁茂する出穂前後の7月18日と8月10日に葉面積指数（キャノピーアナライザー、LAI-2000, LI-COR製、以下LAI）を調査した。

4) 水稻の収量調査

水稻の収穫はすべての試験区で9月26日に

行った。各プロットとも22株(刈取面積:1m²)を2箇所から刈り取り、籾の水分含量が13%~15%になるまで網室で自然乾燥させた後、玄米収量を測定した。各プロットから連続する10株ずつを刈り取り、平均値に近い穂数と穂重を有する2株を代表株として収量構成要素を調査した。本試験では、精籾とくず籾の分離は塩水選(比重1.06)ではなく水選(比重1.00)で行った。さらに分離をよくするために風選機にかけて分離した。精籾数は稔実歩合測定器(本山製作所)で数え、くず籾数は手で数えた。千粒重測定のために精玄米の中から20gを3回秤量して、この粒数をそれぞれ手で数えた。

収量調査中の重量測定に関しては毎回、米の水分含量をライスターL(ケット科学研究所)で測定した。本実験では精玄米重および千粒重は玄米水分含量15%に補正して算出した。

3. 結果

1) 移植苗の大きさの違いによる水稻の生育と葉身窒素含有量

ヘアリーベッチの刈取日(5月17日)における地上部乾物生産量は285.4kg/10aであった。

移植後56日(7月18日)におけるHVすき込み区とHVマルチ区の稚苗移植した水稻の草丈は、稚苗移植の慣行区の58.5cmより低かった(図1)。中苗移植したHVすき込み区では69.7cm, HVマルチ区では60.7cmとなり稚苗移植の慣行区と同等となった。茎数について、HVすき込み区とHVマルチ区の稚苗移植ではそれぞれ、6.9本/株と6.2本/株となり、慣行区の8.0本/株より少なかった。中苗移植ではHVすき込み区が9.7本/株, HVマルチ区が6.8本/株となり、HVマルチ区以外は稚苗移植の慣行区より茎数が増加した。ヘアリーベッチを導入し稚苗移植した水田のLAIは、HVすき込み区が稚苗移植の慣行区の2.3と同等であったが、HVマルチ区は1.4と慣行区より低かった。中苗移植したHVすき込み区は稚苗移植と変わらなかったが、HVマルチ区は2.4と稚苗移植のときより増加した。

次に葉身窒素含有量についてみると、稚苗移植では移植後28日目(6月20日)にかけていずれの区も急激に増加した(図2)。慣行区は3.5%を示し、HVすき込み区とHVマルチ区は慣行区より低かった。移植後56日目(7月18日)になる

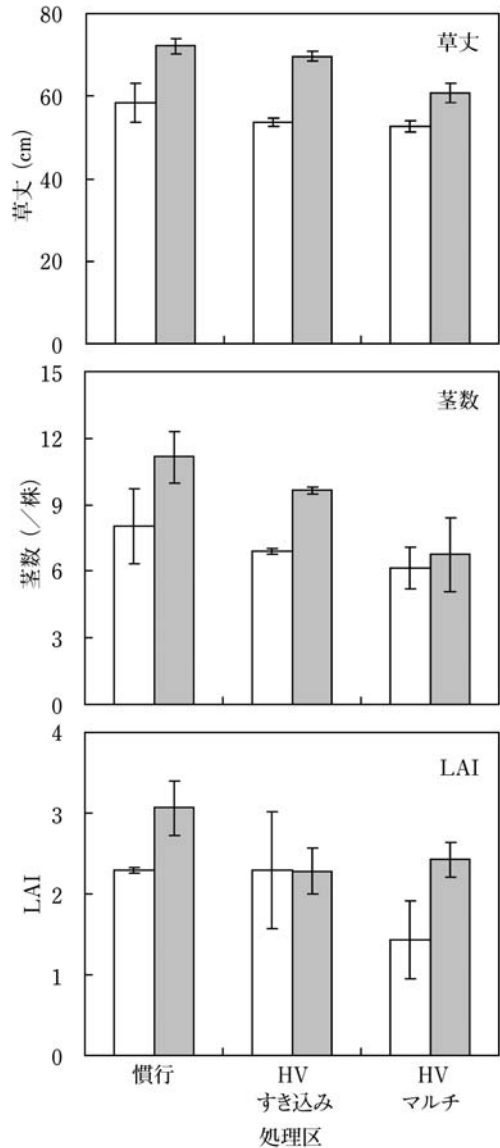


図1 慣行およびヘアリーベッチ導入水田における水稻の生育に及ぼす移植苗の影響
 慣行; 耕起HVなし, 化学肥料・除草剤使用
 HVすき込み; 耕起HVあり, 化学肥料・除草剤不使用
 HVマルチ; 不耕起HVあり, 化学肥料・除草剤不使用
 草丈と茎数は移植後56日(7月18日), LAIは移植後78日(8月10日)に行った。移植日は5月23日である。縦棒はSEを示す。
 □稚苗 ■中苗

と慣行区は3.3%と低下したが、HVすき込み区は3.2%, HVマルチ区は3.0%を示し前回と同等の推移が緩やかな低下であった。移植後105日目

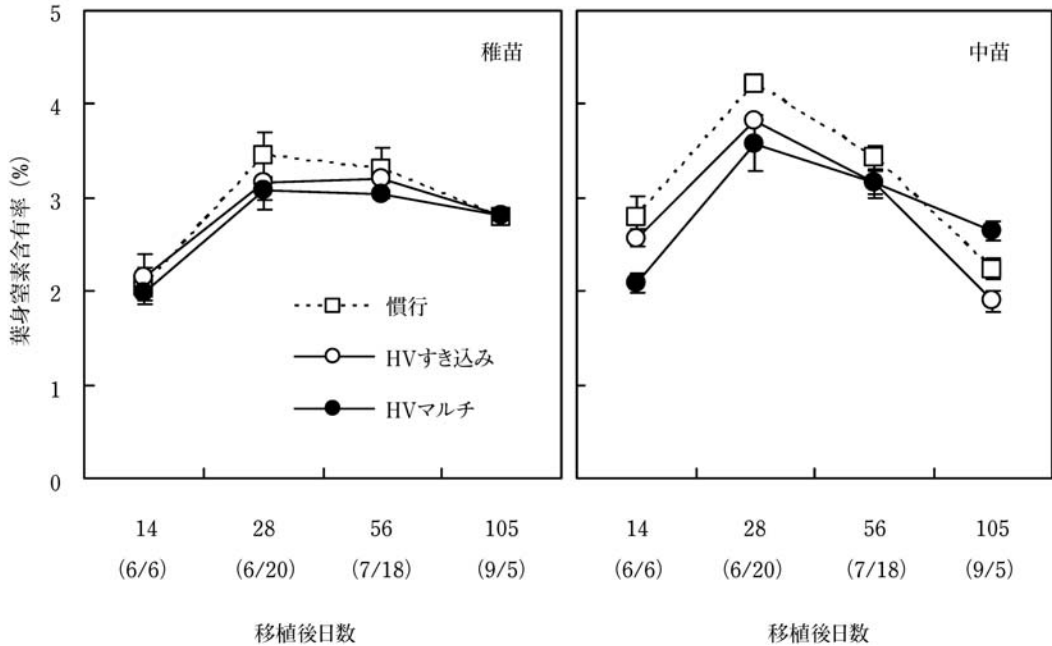


図2 慣行およびヘアリーベッチ導入水田における水稻の葉身窒素含有量に及ぼす移植苗の影響
縦棒はSEを示す。

表1 ヘアリーベッチ導入水田における出穂日と収穫日に及ぼす移植苗の影響(2002年)

圃場	耕起	ヘアリーベッチ	肥料	除草剤	出穂		収穫日
					稚苗	中苗	
慣行	+	-	+	+	8/15	8/8	9/26
HVすき込み	+	+	-	-	8/15	8/8	9/26
HVマルチ	-	+	-	-	8/19	8/15	9/26

+ : 処理有, - : 処理無を示す。

(9月5日)になるといずれの区においても2.8%まで低下した。これに対し中苗移植でも、移植後28日(6月28日)にかけて急激に葉身窒素含有量が増加した。このときのHVすき込み区とHVマルチ区は中苗移植の慣行区より低い葉身窒素含量であった。しかし、HVすき込み区とHVマルチ区はそれぞれ、3.8%と3.6%を示し、これらの値は同時期の稚苗移植よりも高い葉身窒素含有量であった。移植後28日(6月28日)以降、いずれの区においても葉身窒素含量は順次低下した。移植後105日目(9月5日)になるとHVすき込み区とHVマルチ区はそれぞれ、1.9%と2.7%となり、稚苗移植の慣行区と同等かそれ以下まで低下した。

2) 移植苗の大きさの違いが水稻の出穂と収量に及ぼす影響

稚苗移植におけるHVすき込み区の出穂は慣行区と同様に8月15日であった(表1)。しかしHVマルチ区の出穂は8月19日となり、慣行区より4日遅れた。一方、中苗移植でHVマルチ区の出穂日は8月15日であった。中苗移植の慣行区の出穂日は8月8日であり、HVマルチ区の出穂日は7日遅れたものの、慣行区の稚苗移植と同じであった。

稚苗移植におけるHVすき込み区およびHVマルチ区の収量はそれぞれ273.5 kg/10aおよび254.4 kg/10aと慣行区の406.3 kg/10aより有意に低かった(表2)。収量構成要素をみるとHVすき込み区の穂数は194.3本/m²と慣行区より低く、

表 2 ヘアリーベッチ導入水田における収量構成要素と収量に及ぼす移植苗の影響 (2002 年)

苗質	圃場	籾/ 葉比	収量構成要素					慣行稚苗 に対する 収量比 (%)	
			穂数 (/m ²)	籾数 (/穂) (×1000/m ²)		登熟 歩合 (%)	千粒重 (g)		収量 (kg/m ²)
稚苗	慣行	83.4 ^b	255.3 ^b	113.3 ^b	28.8 ^b	75.6 ^b	21.9 ^b	406.3 ^b	—
	HV すき込み	69.9 ^a	194.3 ^a	99.5 ^a	19.1 ^a	69.4 ^a	21.7 ^{ab}	273.5 ^a	67.3
	HV マルチ	73.0 ^a	227.6 ^{ab}	113.8 ^b	25.9 ^b	61.2 ^a	21.0 ^a	254.4 ^a	62.6
中苗	慣行	88.8 ^a	268.1 ^b	126.9 ^b	33.8 ^c	71.6 ^a	22.1 ^a	464.0 ^b	114.2
	HV すき込み	78.0 ^a	210.9 ^a	110.8 ^a	23.3 ^a	75.8 ^a	22.1 ^a	347.8 ^a	85.6
	HV マルチ	81.3 ^a	267.5 ^b	109.5 ^a	29.2 ^b	72.2 ^a	21.5 ^a	330.8 ^a	81.4

苗質における列内の同一のアルファベットはLSD (5%) で有意差がないことを示す。
千粒重および部分刈収量は玄米の水分含量を15%に換算して算出した。

HV マルチ区は227.6本/m²と慣行区と同等であった。籾数はHV すき込み区が99.5粒/穂と慣行区より少なく、HV マルチ区は113.8粒/穂と慣行区と同等であった。登熟歩合ではHV すき込み区が69.4%、HV マルチ区が61.2%と両区とも慣行区より有意に低かった。中苗移植におけるHV すき込み区とHV マルチ区の収量はそれぞれ、347.8 kg/10 a と 330.8 kg/10 a となり、稚苗移植より増加した。収量構成要素をみると穂数はHV すき込み区で210.9本/m²、HV マルチ区で267.8本/m²と稚苗移植より増加した。特に、HV マルチ区では慣行区の稚苗移植より増加した。一穂籾数はHV すき込み区が110.8粒/穂、HV マルチ区が109.5粒/穂となり、慣行区稚苗移植株の113.3粒/穂より少なかった。登熟歩合ではHV すき込み区とHV マルチ区でそれぞれ75.8%と72.2%となり慣行区の稚苗株の75.6%に近い傾向であった。

4. 考察

ヘアリーベッチをすき込みや不耕起でマルチとして導入した水田では水稻の生育、特に初期生育に影響を及ぼすことが報告されている(藤原・吉田1999, 堀元ら2002)。ヘアリーベッチ導入水田で稚苗移植した水稻の生育は本試験でも遅延したが、中苗移植した場合に水稻の生育は慣行区の稚苗移植栽培と同等まで改善された。中苗移植した場合のHV すき込み区およびHV マルチ区の葉身窒素含有量が、移植後28日(6月20日)に稚苗移植よりも高まった。葉身の窒素含有率と光合成速度には高い相関関係が認められている(石原ら1979)。このことから本研究の中苗移植したヘア

リーベッチ導入水田において水稻の生育が旺盛になったと推測される。中苗移植では初期生育量が増加したために1m²あたりの穂数を確保し、また、一穂あたりの籾数や登熟歩合も増加した。これもヘアリーベッチからの窒素供給を効果的に利用したと考えられる。一般に穂肥は一穂の籾数を増やすものとされている(角田, 1992)。ヘアリーベッチからの窒素供給は穎花の発育に寄与したと考えられる。

中苗移植したHV すき込み区およびHV マルチ区における登熟期の葉身窒素含有量は、慣行区と同様に低下した。一般に、水稻の生育後期まで子実への転流が続くと登熟歩合が高くなり、収量も増加するが、逆に子実中のタンパク含量が高くなり、食味の低下につながる。特に、緑肥などを利用した水田ではその肥効が生育後期から効いてくるため食味の低下が懸念される。開花期以降から完熟期までの適切な葉内窒素含有量は2~1%とされている(石塚・田中, 1953)。本研究のヘアリーベッチ導入水田では約2~2.5%とやや高い値であるが、開花期以降は慣行区と同様に葉身窒素含有量の低下が認められた。このことから食味の低下を軽減できると考えられる。

移植時の苗の大きさを変えたことは、ヘアリーベッチによる水稻の生育抑制、収穫期における高い葉身窒素含有量および収量の低下を軽減することができた。また、稚苗に比べて中苗利用による増収率が、慣行区では14%にとどまったのに対し、ヘアリーベッチを導入することで27%から30%と明らかに中苗利用で収量が増加する傾向が認められた。しかし、まだ慣行の栽培法より生育や収量が劣る現状がある。ヘアリーベッチ導入

水田でも慣行の稚苗移植株と同等収量を得るためには、さらに生育の進んだ苗（成苗）の移植という検討も必要である。また、ヘアリーベッチの導入法についても圃場の排水性や地域差を考慮した使い分けを検討し、より安定した水稲生産の方法を確立するべきである。

5. 摘要

ヘアリーベッチは2001年11月1日に4 kg/10 aで播種した。翌年2002年5月17日にヘアリーベッチをすき込みあるいは不耕起マルチとして水田に導入した栽培において、水稲の生育遅延・収量低下を克服するために、中苗移植の効果を慣行栽培である稚苗移植と比較した。移植後28日（6月20日）の葉身窒素含有量はHVすき込み区の中苗移植株が3.8%、HVマルチ区の中苗移植株が3.6%と慣行栽培の3.5%以上となった。移植後56日（7月18日）の水稲の草丈は慣行栽培で58.5 cm、ヘアリーベッチを導入した水田の中苗移植株でも同様であった。茎数は慣行栽培の8.0/株に対し、HVすき込み区での中苗移植株は9.7/株と増加したが、HVマルチ区の中苗移植株は6.8/株と少なかった。ヘアリーベッチを導入した水田の中苗移植株のLAIは移植後78日（8月10日）に慣行栽培と同等であった。ヘアリーベッチを導入した水田で稚苗移植株の水稲収量は、慣行栽培の62.6%から67.3%の収量であった。しかし、中苗移植株では慣行栽培の81.4%から85.6%まで増加した。

以上からヘアリーベッチ導入水田に生じる稲の生育遅延と収量低減は中苗を栽培することによって改善できる可能性が示された。

謝辞

本研究の遂行にあたり、研究にご協力いただいた独立行政法人農業環境技術研究所業務科の松本公吉氏、山口弘氏、鎌田輝志氏に深く感謝いたします。

キーワード

ヘアリーベッチ、水稲、中苗、生育、収量

引用文献

藤原伸介・吉田正則（1999）：ヘアリーベッチを利用した除草剤を用いない水稲栽培，雑草研

究 44（別）；208-209.

Hargrove, W.L. (1986): Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. *Agron. J.* 78; 70-74.

堀元栄枝・荒木肇・伊藤一幸・藤井義晴（2002）：ヘアリーベッチ（*Vicia villosa* Roth）を利用した水田における雑草抑制と水稲収量への影響，雑草研究 47（3）；168-174.

石原 邦・黒田栄喜・石井龍一・小倉忠治（1979）：水稲葉身の窒素含量と光合成速度の関係一同化箱法と酸素電極法を用いての比較一，日作紀 48；551-556.

石塚喜明・田中 明（1953）：水稲の生育過程に関する研究 第3報，各形態の窒素及び炭水化物の消長，土肥誌 23；159-165.

Kamo, T., S. Hiradate and Y. Fujii (2003): First isolation of natural cyanamide as a possible allelochemical from hairy vetch *Vicia villosa*. *J. Chem. Ecol.* 29 (2); 273-282.

Ranells, N.N. and M.G. Wagger. (1996): Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agron. J.* 88; 777-782.

Teasdale, J.R. and C.L. Mohler. (1993): Light transmittance, soil temperature and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. J.* 85; 673-680.

角田公正・玖村敦彦・星川精親（1992）：作物新訂版，実教出版，東京，pp. 84-85.

Summary

Hairy vetch (HV) was sown (4 kg/10 a) in paddy December fast, 2001 and was incorporated or mulched before transplanting of rice, May 17th, 2002. The effect of the middle seedlings was estimated for overcoming delayed growth and low yield of rice in the paddy with incorporated or mulched hairy vetch, comparing with young seedlings. Nitrogen contents of leaves of middle seedling-planted rice in HV-incorporated (3.8%) and HV-mulched (3.6%) paddy were higher than that of young seedling-planted rice in conventional paddy (3.5%), tilled and no HV, 28 days after transplanting, June 20. Plant length of middle seedling-planted rice was higher than

that of young seedling-planted rice in paddies with or without hairy vetch 56 days after transplanting (July 18). The tiller number of middle seedling-planted rice was increased to 9.7 in the HV-incorporated paddy, whereas, it reduced to 6.8 in the HV-mulched paddy, compared with tiller number (8.0) of young seedling-planted rice in the conventional paddy. Similar LAI in middle seedling-planted rice in incorporated and mulched paddy was shown to that in young seedling-planted rice in conventional paddy 78 days after transplanting, August 10. Grain yield

of young seedling-planted rice in the paddy with HV was 62.6% to 67.3% of conventional paddy, however it increased to 81.4% to 85.6% by transplanting of middle seedling in the paddy with HV. From these observations, possibility to overcome the delayed growth and low yield by middle seedling-planting was shown in the HV-incorporated and HV-mulched paddy.

Key Words

hairy vetch, rice, middle seedling, growth and yield