

水田における冬期レンゲ栽培と耕起体系が土着天敵コモリグモ類の 個体群密度に及ぼす影響

市原 実¹⁾・山口 翔²⁾・松野和夫¹⁾・稲垣栄洋^{1)*}・済木千恵子¹⁾・

水元駿輔²⁾・山下雅幸²⁾・澤田 均²⁾

¹⁾農林技術研究所, ^{1)*}現静岡大学農学部, ²⁾静岡大学農学部

Influence of Tillage and Winter Cultivation of Chinese Milk Vetch on the Population Density of Wolf Spiders in Rice Paddy Fields

Minoru Ichihara¹⁾, Shou Yamaguchi²⁾, Kazuo Matsuno¹⁾, Hidehiro Inagaki^{1)*},
Chieko Saiki¹⁾, Shunsuke Mizumoto²⁾, Masayuki Yamashita²⁾, Hitoshi Sawada²⁾

¹⁾Shizuoka Res. Inst. Agric. and For., ^{1)*}Present address: Fac. of Agri., Shizuoka Univ.,

²⁾Fac. of Agri., Shizuoka Univ.

Abstract

The effect of cultivation of Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) as a winter mulch on the seasonal dynamics of wolf spiders in the interiors and levees of tilled and no-till paddy fields was investigated. The dominant species of wolf spider in the study sites was *Pardosa pseudoannulata* (Bös. et Str.). The wolf spider density in field interiors was higher in tilled fields with winter legume mulch (LM+T) and no-till fields with winter legume mulch (LM+NT) than in tilled fields under conventional management (T). The wolf spider density in levees tended to be high after irrigation and soil puddling in all treatments. Our results suggest that winter cultivation of Chinese milk vetch enhances the population density of wolf spiders in tilled and no-till paddy fields.

キーワード：耕起体系, コモリグモ類, 水田, レンゲ

I 緒 言

水田には広食性捕食者であるキクヅキコモリグモ *Pardosa pseudoannulata* (Bös. et Str.)やキバラコモリグモ *Pirata subpiraticus* (Bös. et Str.)等のコモリグモ類(クモ目: コモリグモ科)が生息している⁵⁾。地表徘徊性のコモリグモ類は、ウンカ・ヨコバイ類^{5,7,8,14)}や斑点米カメムシ類であるアカスジカスミカメ *Stenotus rubrovittatus* (Matsumura)⁹⁾等の水稲害虫を捕食し、これらの害虫個体群の抑制に貢献しうる。そのため、水稲害虫の重要な土着天敵であるコモリグモ類を保護・強化することにより、これらによる害虫抑制効果を高められる可能性がある。

水田におけるコモリグモ類の個体群密度を高めるためには、これらを保全できる水田管理技術を明らかにすることが必要である。

水田内部や、畦畔等の水田周辺部に生息するキクヅキコモリグモ等のコモリグモ類にとって、圃場管理はそれらの個体群動態に大きく影響する^{2,3,4,11)}。Ishijima et al. (2004)⁴⁾は、水田の耕起体系によるコモリグモ類の動態への影響を調査し、不耕起水田においては耕起水田と比べ、水稲栽培期におけるコモリグモ類の密度が高いことを明らかにした。さらに、圃場の植生もコモリグモ類の生息に影響を及ぼすと考えられる^{2,3,6)}。Jögar et al. (2004)⁶⁾は、マメ科シロツメクサ *Trifolium repens* L.の植生では、コムギ圃場やアブラナ圃場、休耕地と比べ、コモリグモ類の

密度が高いことを示している。シロツメクサの植生は他の植生よりも植被率が高く、この高い植被率がコモリグモ類の密度が高かった一因と考えられた⁹⁾。特に水田においては、冬期の圃場の植生がコモリグモ類の生息に影響を及ぼすと考えられる²³⁾。日本の水田では、冬期に緑肥作物としてマメ科のレンゲ *Astragalus sinicus* L. が栽培されることがある¹⁰⁾。冬期に水田を密に被覆するレンゲは、コモリグモ類に好適な生息環境を提供しうる。Hidaka (1993)²⁴⁾は、冬期にレンゲを栽培する不耕起水田(以下、レンゲ不耕起水田、と呼ぶ)では、レンゲを栽培しない耕起水田と比べ、水稻栽培期のコモリグモ類の密度が高く、セジロウカ *Sogatella furcifera* (Horváth)等の害虫の発生が抑制されることを報告している。しかし、レンゲ不耕起水田におけるコモリグモ類の増加に、レンゲ栽培と不耕起管理がそれぞれどの程度影響しているのかについては不明である。レンゲ栽培によるコモリグモ類の動態への影響を明らかにするためには、耕起体系による影響を分離して評価する必要がある。さらに、コモリグモ類は水田内と畦畔を移動しながら生活している²⁵⁾ため、レンゲ栽培や耕起体系によるコモリグモ類の個体群動態への影響を詳細に理解するためには、水田内と畦畔におけるそれらの年間推移を調査することが必要であろう。

そこで本研究では、水田における冬期レンゲ栽培と耕起の有無が、水田内と畦畔におけるコモリグモ類の個体群密度の年間推移に及ぼす影響について調査を行った。

II 材料及び方法

1. 調査地

静岡県藤枝市青南町の水田 6 圃場および浜松市浜北区小松の水田 4 圃場において、2011 年に調査を行った。両地域において、各調査水田は半径 500m 範囲内に位置していた。耕起水田、不耕起水田およびレンゲを栽培する不耕起水田におけるコモリグモ類の密度を比較するため、藤枝市の水田において「耕起区(T 区) (水稻耕起栽培)」、「不耕起区(NT 区) (水稻不耕起栽培)および「レンゲ不耕起区(LM+NT 区) (冬期レンゲ栽培+水稻不耕起栽培)の計 3 処理区を各 2 反復設置した。一方、耕起水田とレンゲを栽培する耕起水田におけるコモリグモ類の密度を比較するため、浜松市の水田において「耕起区」(水稻耕起栽培)と「レンゲ耕起区(LM+T 区) (冬期レンゲ栽培+水稻耕起栽培)の計 2 処理区を各 2 反復設置した。藤枝市の耕起区 2 圃場と、不耕起区 1 圃場およびレンゲ不耕起区 1 圃場はそれぞれ隣接していたが、その他の試験圃場

はそれぞれ離れて位置していた。各圃場の畦畔幅は 50 cm 程度であった。

各処理区の水稲栽培履歴を Table 1 に示した。レンゲ不耕起区とレンゲ耕起区においては、2010 年の秋にレンゲ種子を 10a あたり 3kg 播種した。なお、水稻を耕起栽培する水田では通常、稲収穫後と翌年田植え前に耕起が行われるが、レンゲ耕起区では稲収穫前にレンゲが播種されたため、稲収穫後の耕起は行われなかった。冬期の圃場内の植生は、レンゲ不耕起区とレンゲ耕起区ではレンゲが、不耕起区ではスズメノテッポウ *Alopecurus aequalis* Sobol. var. *amurensis* (Kom.) Ohwi が優占しており、耕起区ではほぼ無植生であった。なお、耕起区以外の処理区の水田においては、ウンカ・ヨコバイ類等の水稻害虫の発生が少なく、無農薬栽培が行われていた。

2. コモリグモ類の個体群密度の年間推移

各処理の水田内および畦畔におけるコモリグモ類の個体群密度の年間推移を、藤枝市の水田では 2011 年 1 月から 12 月まで、浜松市の水田では 2011 年 4 月から 12 月まで、毎月 1 回調査を行った。調査方法はコドラート法を用いた。水田内では 1 m²(1 m × 1 m)、畦畔では 0.5 m²(1 m × 0.5 m)のコドラートを、各 10 地点設置した。コドラート内のコモリグモ類の成体および幼体の個体数を目視により計測し、10 地点の計測個体数の合計値を算出した。ただし、藤枝市の耕起区のうち 1 圃場では、冬期にレタスが栽培されていたため、水田内の調査は 4 月から行った。この圃場では、レタスが 2010 年 11 月上旬に定植され、2011 年 3 月上旬に収穫された。

3. 統計解析

冬期レンゲ栽培によるコモリグモ類への影響が最も顕著と考えられる水田入水前(4 月)のコモリグモ類の個体数について、処理間差を検定するため分散分析を行った。さらに、4 月以降のコモリグモ類の個体数の処理間差を検定するため、各処理区における 4 月から 7 月(浜松市)または 8 月(藤枝市)までの個体数の合計値について分散分析を行った。ここで個体数の合計値について解析した理由は、月ごとの繰り返し測定値を要約統計量(合計値)に縮約して、時間的な疑似反復を取り除くためである⁹⁾。また、本調査地の耕起区では 7 月下旬(浜松市)または 8 月下旬(藤枝市)に殺虫剤が散布されたため、その影響を除去するために 4 月から 7 月または 8 月までの合計値について解析することとした。なお、藤枝市の耕起区で 5 月 18 日に散布されたメタアルデヒドは、スクミリンゴガイを対象とした薬剤であり、節足動物への影響は小さい

Table 1. Cultural operations in 2011 and size of the experimental fields. T, tilled fields; NT, no-till fields; LM+NT, no-till fields with winter legume mulch; LM+T, tilled fields with winter legume mulch.

Study site	Fujieda												Hamamatsu					
	T				NT				LM+NT				T				LM+T	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
Treatment	14 a	14 a	10 a	8 a	10 a	8 a	36 a	8 a	19 a	19 a	19 a	19 a	19 a	19 a	7 a	3 a		
Field size	14 a	14 a	10 a	8 a	10 a	8 a	36 a	8 a	19 a	19 a	19 a	19 a	19 a	19 a	7 a	3 a		
Cultivar	Aichinokaori	Aichinokaori	Koshihikari	Koshihikari	Koshihikari	Koshihikari	Asahinoyume	Koshihikari	Kinuhikari	Kinuhikari	Kinuhikari	Kinuhikari	Kinuhikari	Hinohikari	Hinohikari	Hinohikari		
Sowing of Chinese milk vetch	None	None	None	None	None	None	late Oct. in previous year	None	None	None	None	None	None	late Sep. in previous year	late Sep. in previous year	late Sep. in previous year		
Spring tillage	14 May	14 May	None	None	None	None	None	None	mid Apr.	mid Apr.	mid Apr.	mid Apr.	mid Apr.	18 May, 4 Jun.	18 May, 4 Jun.	18 May, 4 Jun.		
Irrigation	14 May	14 May	25 May	25 May	25 May	25 May	28 May	25 May	14 May	14 May	14 May	14 May	14 May	7 Jun.	7 Jun.	7 Jun.		
Soil puddling	15 May	19 May	30 May	30 May	30 May	30 May	1 Jun.	30 May	17 May	17 May	17 May	17 May	17 May	13 Jun.	13 Jun.	13 Jun.		
Rice planting	17 May	20 May	31 May	31 May	31 May	31 May	2 Jun.	31 May	19 May	19 May	19 May	19 May	19 May	15 Jun.	15 Jun.	15 Jun.		
Pesticide application	18 May: metaldehyde, 27 Aug: ethiprole+silaflofen	18 May: metaldehyde, 27 Aug: ethiprole+silaflofen	None	None	None	None	None	None	29 Jul: etofenprox	29 Jul: etofenprox	29 Jul: etofenprox	29 Jul: etofenprox	29 Jul: etofenprox	30 Jul: etofenprox	30 Jul: etofenprox	30 Jul: etofenprox		
Herbicide application	25 May: oxaziclomefone+clomeprop +bromobutide	25 May: oxaziclomefone+clomeprop +bromobutide	None	None	None	None	None	None	25 May: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	25 May: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	25 May: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	25 May: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	25 May: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	17 Jun.: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	17 Jun.: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon	17 Jun.: oxaziclomefone+bensu Ifuron-methyl+benzobicyclon		
Harvest	7 Oct.	7 Oct.	16 Sep.	16 Sep.	16 Sep.	16 Sep.	30 Sep.	16 Sep.	12 Sep.	12 Sep.	12 Sep.	12 Sep.	12 Sep.	18 Oct.	18 Oct.	19 Oct.		

と考えられる。分散分析により、藤枝市の調査地の3処理区間に有意差が認められた場合、TukeyHSD法による多重比較を行った。これらの統計解析の前には、個体数に定数0.5を加えて対数変換を行った¹⁵⁾。これらの解析には統計パッケージR(Version 2.15.1)¹⁶⁾を用いた。

III 結 果

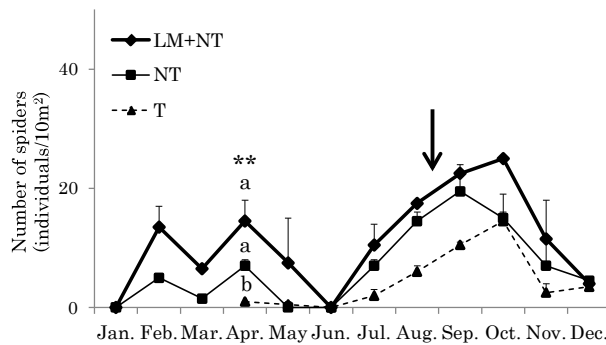
水田内のコモリグモ類密度の年間推移については、耕起区では6月までコモリグモ類がほとんど確認されず、7月から9月または10月にかけて密度が高まり、その後低下した(Fig. 1 (A)–(B))。その他の処理区では6月以前においてもコモリグモ類が観察され、入水および代掻き後の6月に密度が低下したものの、7月から9月または10月にかけて密度が高まり、その後低下した。

水田入水前の4月のコモリグモ類の密度は、藤枝市の

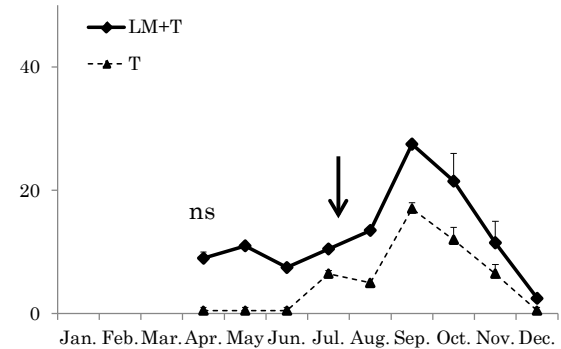
レンゲ不耕起区($P<0.01$)と不耕起区($P<0.05$)では耕起区よりも有意に高く、浜松市のレンゲ耕起区では有意差が認められなかった($P=0.05$)ものの耕起区よりもやや高い傾向があった(Fig. 1 (A)–(B))。藤枝市の4月から8月までのコモリグモ類個体数の合計値は、レンゲ不耕起区では耕起区よりも有意に高く($P<0.05$)、不耕起区では有意差が認められなかった($P=0.05$)ものの耕起区よりもやや高い傾向があった(Fig. 2 (A))。浜松市の4月から7月までのコモリグモ類個体数の合計値は、レンゲ耕起区のほうが耕起区よりも有意に高かった($P<0.05$) (Fig. 2 (B))。

水田畦畔におけるコモリグモ類密度の年間推移は、いずれの処理区においても、入水および代掻き後に個体数が最大となった(Fig. 1 (C)–(D))。水田入水前の4月のコモリグモ類の密度は、藤枝市のレンゲ不耕起区では耕起区よりも有意に高かった($P<0.05$)が、浜松市では有意差が認められなかった($P=0.08$) (Fig. 1 (C)–(D))。畦畔における4

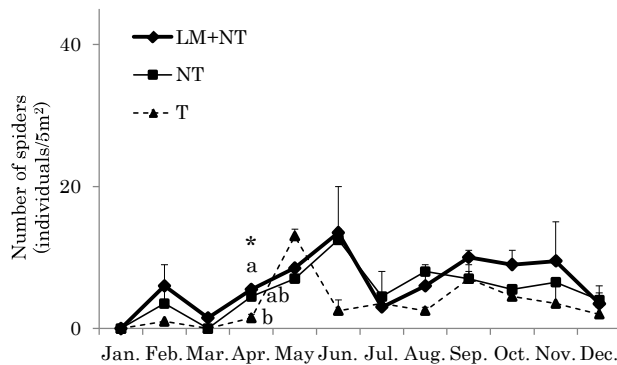
(A) Paddy field interior in Fujieda



(B) Paddy field interior in Hamamatsu



(C) Paddy field levee in Fujieda



(D) Paddy field levee in Hamamatsu

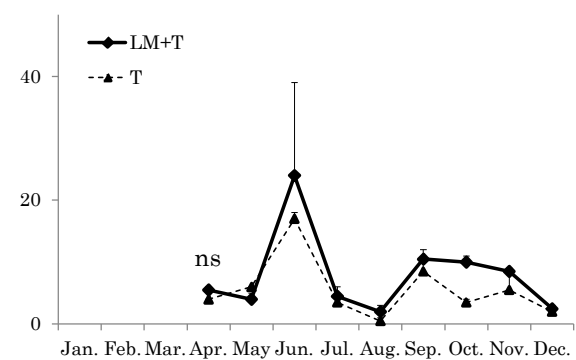


Fig. 1. Seasonal dynamics of wolf spiders in the interiors (A–B) and levees (C–D) of paddy fields with each treatment. Asterisks represent statistical difference by ANOVA between the mean values in April. *, $P < 0.05$; **, $P < 0.01$. The means that are significantly different at $P < 0.05$ based on Tukey's honestly significant difference test in April are identified by different letters. Vertical bars represent the standard errors of the means. The down-arrows indicate that insecticide application in tilled fields.

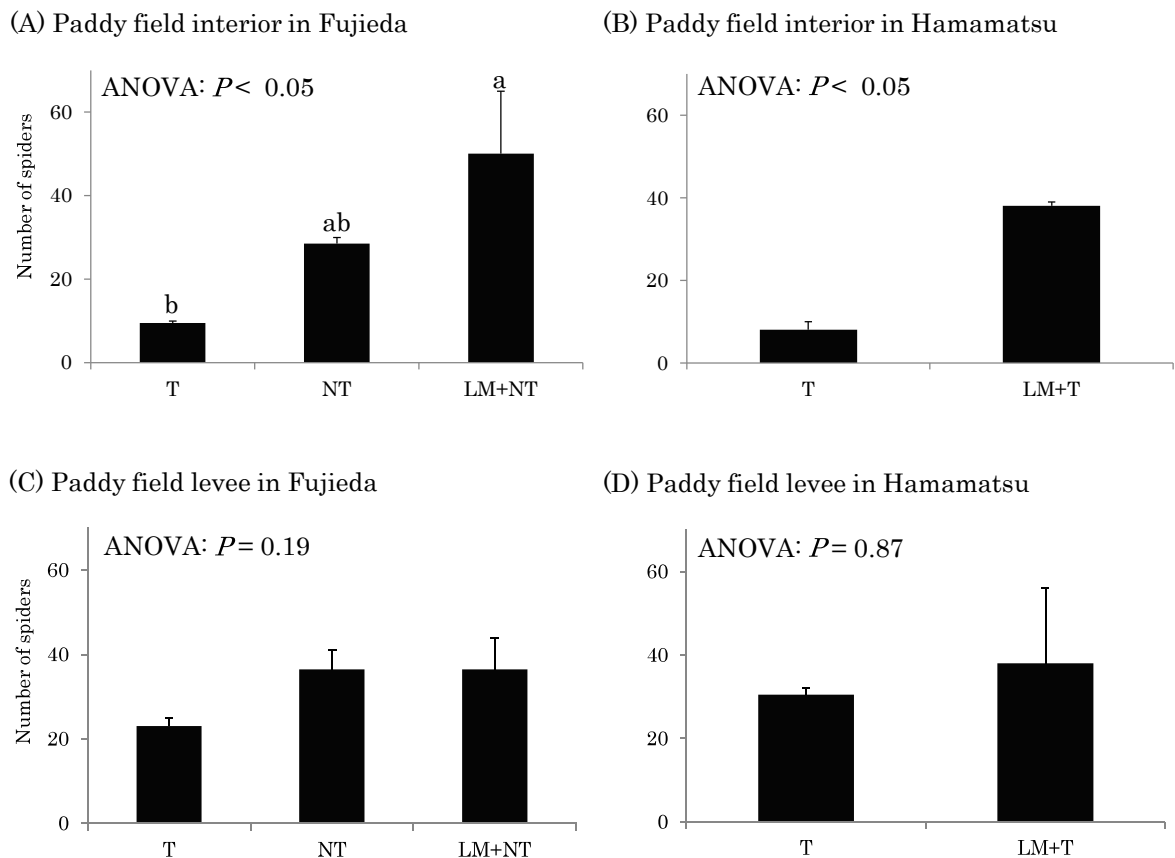


Fig. 2. Sum of the number of wolf spiders per 10 m² (field interiors) or 5 m² (field levees) from April to July (Hamamatsu) or August (Fujieda) in the interiors (A–B) and levees (C–D) of paddy fields with each treatment. The means that are significantly different at $P < 0.05$ based on Tukey's honestly significant difference test are identified by different letters. Vertical bars represent the standard errors of the means.

月から7月(浜松市)または8月(藤枝市)までのコモリグモ類個体数の合計値は、藤枝市($P=0.19$)および浜松市($P=0.87$)の両調査地とも、処理間に有意な差は認められなかった(Fig. 2 (C)–(D)).

IV 考 察

本研究は、冬期にレンゲを栽培する水田における、コモリグモ類の個体群密度の推移を明らかにした。これまでの研究から、冬期にレンゲを栽培する不耕起水田では、レンゲを栽培しない耕起水田と比べ、水稲栽培期のコモリグモ類の密度が高いことが知られており²⁾、本研究においても同様の傾向が認められた(Fig. 1 (A), Fig. 2 (A))。さらに本研究では、耕起水田における冬期レンゲ栽培がコモリグモ類の密度に及ぼす影響の解明を試みた。

レンゲを栽培する耕起水田および不耕起水田ともに、春期(4月)のコモリグモ類の密度はレンゲを栽培しない耕起水田よりも高い傾向があり、その後も高く維持された(Fig. 1 (A)–(B), Fig. 2 (A)–(B))。冬期の圃場内は、稲収穫後に耕起を行った耕起区ではほぼ無植生であったのに対して、不耕起区ではスズメノテッポウ等の小型の雑草が生育しており、レンゲを栽培した処理区(レンゲ耕起区とレンゲ不耕起区)ではレンゲが地表を密に被覆していた。Jōgar et al. (2004)⁹⁾は、マメ科シロツメクサの植生では、コムギ圃場やアブラナ圃場、休耕地と比べ、コモリグモ類の密度が高いことを示しており、この一因としてシロツメクサ植生の植被率の高さが考えられた。冬期にレンゲを栽培する圃場では、レンゲの高い植被率がコモリグモ類の生息や越冬にとって好適であった可能性がある。

冬期のレンゲ栽培を行わない場合、不耕起水田では耕起水田と比べ、春期(4月)の水田内のコモリグモ類の密度が高く(Fig. 1 (A))、その後も比較的高く維持された(Fig. 2

(A). これまでの研究においても、不耕起水田では耕起水田と比べ、水稻栽培期におけるコモリグモ類の密度が高いことが報告されている⁹⁾。耕起による圃場内の土壌攪乱は、コモリグモ類の生息に負の影響を及ぼすと考えられる。また、不耕起区においては、冬期にスズメノテッポウが優占しており、このような冬期の植生の存在が、コモリグモ類の越冬や生息に正の影響を及ぼしている可能性も考えられる。なお、不耕起区およびレンゲ不耕起区ともに、1月にはコモリグモ類がほとんど確認されなかった(Fig. 1 (A))。その理由は不明であるが、2011年は1月の気温が最も低く(平均気温約5°C)、コモリグモ類の活動が低下していたため、この時期のコドラート法による調査ではコモリグモ類が観察されにくかったものと予想される。

水田畦畔のコモリグモ類の密度は、いずれの処理区においても、入水および代掻き後に高まる傾向があった(Fig. 1 (C)-(D))。コモリグモ類は水田内と畦畔を移動することが知られており、アメリカ・カリフォルニア州の水田でも、畦畔のコモリグモ科 *Pardosa ramulosa* (McCook)の密度が6月に最も高まることが報告されている¹²⁾。入水や代掻き等の攪乱により水田内のコモリグモ類が畦畔に移動し、集中したため、畦畔におけるこれらの密度が高まったものと予想される。したがって、水田畦畔はコモリグモ類にとって、圃場内の攪乱から逃れる避難場所として機能している可能性がある。

本研究より、水稻を耕起栽培する水田においても、冬期のレンゲ栽培によりコモリグモ類の密度が高まることを示唆された。これまで、レンゲ不耕起水田においてはコモリグモ類が増加することが知られている²⁾が、水稻の不耕起栽培技術はまだ一般的でなく、水稻収量や雑草防除効果の不安定性が問題となっている¹⁰⁾。本研究の結果は、水稻を耕起栽培する現在の慣行的な栽培技術を大幅に変更しなくても、冬期にレンゲを栽培することにより、コモリグモ類による害虫抑制機能を効果的に活用できる可能性を示唆している。

V 摘 要

耕起水田と不耕起水田における冬期レンゲ栽培が、水田内と畦畔におけるコモリグモ類の個体群密度の年間推移に及ぼす影響について調査を行った。本調査地におけるコモリグモ類の優占種は、キクヅキコモリグモ *Pardosa pseudoannulata* であった。水田内におけるコモリグモ類の密度は、慣行管理の耕起区(レンゲ栽培なし+水稻耕起栽培)と比べて、レンゲ耕起区(冬期レンゲ栽培+水稻耕起

栽培)とレンゲ不耕起区(冬期レンゲ栽培+水稻不耕起栽培)において高い傾向が認められた。水田畦畔のコモリグモ類の密度は、いずれの処理区においても、入水および代掻き後に高まる傾向が認められた。本研究より、冬期にレンゲを栽培する耕起水田および不耕起水田では、コモリグモ類の個体群密度が高く維持されることが示唆された。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、調査圃場を快くご提供いただいた農家の皆様、調査および統計解析にご協力いただいた静岡大学農学部生態学研究室の丹野夕輝氏、名井健氏、藤井聖氏をはじめ学生の皆様に厚くお礼申し上げます。なお、本研究の一部は、農林水産省委託プロジェクト研究「農業に有用な生物多様性の指標及び評価手法の開発」(2008~2011年度)において実施した。

引 用 文 献

- 1) Crawley, M. J. (2005) : Statistics : an Introduction Using R. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex, 342 pp.
- 2) Hidaka, K. (1993) : Farming Systems for Rice Cultivation which Promote the Regulation of Pest Populations by Natural Enemies : Planthopper Management in Traditional, Intensive Farming and LISA Rice Cultivation in Japan. FFTC Extension Bull. 374, 1~15.
- 3) Hidaka, K. (1997) : Community Structure and Regulatory Mechanism of Pest Populations in Rice Paddies Cultivated under Intensive, Traditionally Organic and Lower Input Organic Farming in Japan. Biol. Agric. Hortic. 15, 35~49.
- 4) Ishijima, C., Motobayashi, T., Nakai, M. and Kunimi, Y. (2004) : Impacts of Tillage Practices on Hoppers and Predatory Wolf Spiders (Araneae : Lycosidae) in Rice Paddies. Appl. Entomol. Zool. 39, 155~162.
- 5) Ishijima, C., Taguchi, A., Takagi, M., Motobayashi, T., Nakai, M. and Kunimi, Y. (2006) : Observational Evidence that the Diet of Wolf Spiders (Araneae : Lycosidae) in Paddies Temporarily Depends on Dipterous Insects. Appl. Entomol. Zool. 41, 195~200.
- 6) Jögar, K., Metspalu, L. and Hiiesaar, K. (2004) : Abundance and Dynamics of Wolf Spiders (*Lycosidae*) in Different Plant Communities. Agron. Res. 2, 145~152.
- 7) Kiritani, K., Hokyo, N., Sasaba, T. and Nakasugi, F. (1970) : Studies on Population Dynamics of the Green Rice

- Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER : Regulatory Mechanism of the Population Density. Res. Popul. Ecol. 12, 137~153.
- 8) Kiritani, K., Kawahara, S., Sasaba, T. and Nakasuji, F. (1972) : Quantitative Evaluation of Predation by Spiders on the Green Rice Leafhopper, *Nephotettix cincticeps* UHLER, by a Sight-count Method. Res. Popul. Ecol. 13, 187~200.
- 9) Kobayashi, T., Takada, M., Takagi, S., Yoshioka, A. and Washitani, I. (2011) : Spider Predation on a Mirid Pest in Japanese Rice Fields. Basic Appl. Ecol. 12, 532~539.
- 10) 嶺田拓也・日鷹一雅・榎本敬・沖陽子(1997) : レンゲ草生マルチを活用した不耕起直播水稲作における雑草の発消長. 雑草研究 42, Vol.2, 88~96.
- 11) Motobayashi, T., Ishijima, C., Takagi, M., Murakami, M., Taguchi, A., Hidaka, K. and Kunimi, Y. (2006) : Effects of Tillage Practices on Spider Assemblage in Rice Paddy Fields. Appl. Entomol. Zool. 41, 371~381.
- 12) Orazé, M. J., Grigarick, A. A. and Smith, K. A. (1989) : Population Ecology of *Pardosa ramulosa* (Araneae, Lycosidae) in Flooded Rice Fields of Northern California. J. Arachnol. 17, 163~170.
- 13) R Development Core Team (2012) : R : a Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.r-project.org/>(2014年8月13日参照)
- 14) 鈴木芳人・桐谷圭治(1974) : 異なる食物条件下におけるキクズキコモリグモの増殖. 日本応用動物昆虫学会誌 18, Vol.4, 166~170.
- 15) Yamamura, K. (1999) : Transformation using $(x + 0.5)$ to Stabilize the Variance of Populations. Res. Popul. Ecol. 41, 229~234.
- 16) 安江多輔(1991) : レンゲ栽培・利用の変遷と肥効及び地力増進効果. 日本作物学会紀事 60, Vol.4, 583~592.