

ロータリ耕耘や代かきによるスクミ リンゴガイの殺貝効果

和田 節・遊佐 陽一*・市瀬 克也**・菅野 紘男
松村 正哉・有村 一弘・浦野 知・高橋 仁康***
(九州沖縄農業研究センター)

Decrease in density of the apple snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) by tillage and soil puddling. Takashi Wada, Yoichi Yusa*, Katsuya Ichinose**, Hiroo Kanno, Masaya Matsumura, Kazuhiro Arimura, Satoru Urano and Kimiyasu Takahashi*** (National Agricultural Research Center for Kyushu Okinawa Region, Nishigoshi, Kumamoto 861-1192, Japan)

Mortality of the apple snail, *Pomacea canaliculata*, caused by tillage or soil puddling was examined in rice fields. Tillage greatly decreased the snail density with ca. 75% mortality when the mean shell height of snails was 20.3 mm (± 4.3 ; S.D.). However, "intensive tillage" using a special rotary cultivator with a smaller rotary pitch, and taking more time than ordinary tillage, had no additional effect on snail mortality. Soil puddling also attained a 67% mortality rate for snails with a mean shell height of 20.4 mm (± 5.3 ; S.D.). When smaller snails (mean shell height; 11.8 \pm 5.4 mm) occurred in a field, 68% mortality was attained by tillage plus soil puddling. One of the examples revealed that a density of 4.5 overwintering snails per m² in a field was finally reduced to 0.3 snails per m² by tillage plus two occasions of soil puddling. Thus, tillage and soil puddling are good methods for decreasing snail density before rice planting.

Key words: apple snail, control, *Pomacea canaliculata*, rice, soil puddling, tillage

南米原産のスクミリンゴガイ *Pomacea canaliculata* は1981年頃に食用として日本に導入された(宮原ら, 1986)。しかし, 販路が拓けず, 野生化した貝は西南暖地で水稻の重要害虫になった。本貝による水稻への加害は, 湛水直播栽培でとりわけ激しく(Wada et al, 1999; Wada 2004), 九州では直播栽培導入の大きな障害となっている(Yusa and Wada, 1999; 和田, 2000)。

湛水直播栽培での本貝の防除法として, 田畑輪換(Wada et al, 2004)や石灰窒素(松島ら, 2002, 2003),

メタアルデヒド剤(行徳ら, 2001; 和田ら, 2001)などの農薬を用いる方法がある。しかし, 田畑輪換は利用できる水田に限りがある。また, 石灰窒素は圃場に大量に撒く煩雑さがあり, メタアルデヒド剤は現時点でスクミリンゴガイ防除薬剤として農薬登録されていない。播種後2~3週間の長めの落水期間を設定し, 既登録の農薬散布を併用する方法も提唱されているが, 播種後, 豪雨にみまわれた場合は完全な被害回避が困難である。

このように, 湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイの被害回避は完全には確立されておらず, 播種直後の降雨時に発生する幼苗被害の危険をできるだけ回避するためには, 貝の初期密度を低下させておくことが重要である。高橋ら(2002a; 2002b)は貝密度を低下させる方法として, ロータリ耕耘の有効性を報告した。彼らは, 耕耘の殺貝効果を評価するために特殊な土層実験装置を考案し, 実験的方法と圃場試験を併用して耕耘の有効性を実証した。その結果, 耕耘の殺貝効果は貝が大きいほど高く, また, 土が硬い時に耕耘ピッチを狭め, いっきに

*現在 奈良女子大学

**現在 国際農林水産業研究センター沖縄支所

***現在 生物系特定産業技術研究支援センター

*Present address: Nara Women's University, Kita-Uoyanishi, Nara 630-8506, Japan

**Present address: Okinawa Subtropical Station, JIRCAS, Ishigaki 907-002, Japan

***Present address: Biooriented Technology Research Advancement Institution, Nisshin 1-chome, Kita-ku, Saitama 331-8537, Japan

耕耘するのが最も効果的であると報告した。彼らはこれらの試験結果から、貝密度の低減を目的として、ゆっくり走行して耕耘ピッチを狭める耕耘法を提案している(以後、防除耕耘と呼ぶ)。

これまでロータリ耕耘の殺貝効果を数値で示した例は高橋ら(2002a; 2002b)の報告しかなく、その効果を正確に把握するには圃場レベルでのデータの蓄積が不足している。また、彼らの結果から予想されるように、耕耘による殺貝効果は土壌条件により異なると思われる。さらに、彼らは代かきの殺貝効果にも言及しているが、その効果についての圃場試験は行われていない。そこで、本試験では高橋らとは異なる条件でのデータの蓄積を目的として、圃場レベルでのロータリ耕耘や代かきの殺貝効果について調べた。

本試験を行うにあたって、宮川竜二氏と熊本県農業研究センターには圃場の便宜と管理に援助を賜った。山田四雄氏と荅博行氏、吉田和弘氏には調査を手伝っていただいた。また、井関農機株式会社にはクリーンロータリによる耕耘を実施していただいた。記して感謝の意を表する。

材料および方法

1. 殺貝効果の判定

圃場レベルでのロータリ耕耘や代かきの殺貝効果を判定する方法として、耕耘や代かきを行う前後の貝の密度を比較して、その減少分を殺貝効果とみなす方法を採用した。貝の密度調査は乾土状態で土壌を採集して行う方法(以後、乾土貝密度調査と呼ぶ)と湛水状態で調べる方法(以後、湛水貝密度調査と呼ぶ)を併用した。しかし、このふたつの調査法は方法が著しく異なるうえに、

精度も異なると考えられた。したがって、同一調査法による密度比較のみ、耕耘や代かきの殺貝効果判定データとして用いた。

2. 試験圃場

耕耘・代かきによる殺貝効果を調べるための圃場試験を熊本県菊池市の農家圃場(29a; 以後、M圃場と呼ぶ)と菊池郡合志町の熊本県農業研究センターの圃場(7a; 以後、K圃場と呼ぶ)で行った。両圃場とも土壌は硬化しにくい火山灰土壌(黒ボク)で、前年に水稲を収穫後、翌春まで耕耘は行われていなかった。

3. M圃場における試験

2000年5月1日にフレールモアーにより圃場全体の雑草を刈り取った。5月9日に、圃場を水口から水尻に沿って南北に二分割した後、乾土状態で越冬貝の密度調査(乾土貝密度調査; 具体的な方法は後述)を行った。5月12日に、山中式硬度計により土壌表面の硬度を計測した後、圃場の一方(以後、Ma区画と呼ぶ)を、いぐさすき込み用に開発された耕耘ピッチの小さいロータリ(イセキ製クリーンロータリ)で時間をかけて(通常の約2倍)丹念に耕耘した(防除耕耘)。もう一方の圃場(Mb区画と呼ぶ)は通常のロータリを用いて通常の耕耘を行った(以後、通常耕耘と呼ぶ)。それぞれの耕耘条件をTable 1に示した。耕耘後、MaとMb区画の境界に、湛水した時に貝が区画間を移動ないように銅網付きの畦波シートを設置した。さらに、5月16日に、再度、両区画で乾土貝密度調査を行った。これら2回の乾土貝密度調査により貝密度の変化を調べ、防除耕耘と通常耕耘の殺貝効果を判定した。

5月18日に圃場全体を湛水し、翌19日に通常の代かきを行った。5月23日に湛水状態で貝密度調査(湛水貝密

Table 1. Tools and conditions of tillage and soil puddling to investigate effects on mortality of *Pomacea canaliculata* in fields M and K^{a)}

Kind of practice ^{b)}	Rotary	Tractor	Area (a)	Soil hardness ^{c)} (mm)	Rotary pitch (mm)	Rotary depth (mm)	Driving speed (km/h)
Experiment in field M							
Intensive tillage	Clean rotary AGR16	Iseki GEAS313	15	12.1	10	ca. 100	0.49
Tillage	Yanmar RSC170	Yanmar AF-33	14	13.7	70	ca. 100	1
Soil puddling	Iseki harrow HIS-2008B	Iseki TK 25	29	—	—	—	1 ~ 3
Experiment in field K							
Intensive tillage	Clean rotary AGR16	Iseki GEAS313	3.5	15.9	10	ca. 100	0.51
Tillage	Yanmar RSC170	Yanmar AF-33	3.5	14.7	69	ca. 100	0.99
Soil puddling	Iseki harrow HIS-2008B	Iseki TK 25	7	—	—	—	1 ~ 3

a) Soil in both fields M and K was volcanic ash soil known as "Kuroboku". b) Intensive tillage means tillage using a special rotary cultivator (Clean rotary) with a smaller rotary pitch. c) Soil hardness was measured with a Yamanaka push-cone-type soil hardness meter. Hardness was measured at five points in each sub-field and then averaged.

度調査；具体的な方法は後述）を行った後に落水した。

6月4日に再び湛水し、翌5日に代かきを行い、6日に代かき同時土中点播種機（吉永ら、2002）を用いて水稻播種を行った。翌7日に再び湛水貝密度調査を行い、前回（5月23日）の湛水貝密度調査データと比較して、代かきの殺貝効果を判定した。

4. K圃場における試験

この圃場では、越冬貝の密度を調べるための耕耘前の乾土貝密度調査は行わなかった。2000年5月1日にフレールモアアで雑草を刈り取った。5月12日に土壤表面の硬度を測定した後、圃場を水口から水尻に沿って南北に二分劃し、一方（Ka区画と呼ぶ。）を前述のロータリで防除耕耘し、もう一方（Kb区画と呼ぶ。）を通常耕耘した。その後、区画の境界に畦波シートを設置した。5月18日に圃場全体を湛水し、翌19日に代かきを行った。その後、5月22日に湛水貝密度調査を行い、調査終了後に落水した。両区画の越冬貝密度が同じであったと仮定して、5月18日の密度調査データから防除耕耘と通常耕耘の殺貝効果の違いの有無を判定した。

6月8日には、圃場は十分に乾燥硬化していたので（土壤硬度は未測定）、Ka、Kb両区画とも通常の耕耘を行い、11日に湛水した。さらに6月12日に代かきを行い、13日には水稻を条播機により土中播種し、翌14日に2回目の湛水貝密度調査を行った。5月22日と6月14日の湛水貝密度調査データから、通常耕耘と代かきの併用効果を判定した。

5. スクミリンゴガイの密度調査

乾土貝密度調査：前述のようにM圃場において5月9日に1回目の貝密度調査を実施した。M圃場を水口から順に東西にほぼ8等分し、各小分画から系統的に0.25m²(0.5×0.5m)の調査枠を2カ所（Ma、Mb区画から各1カ所）抽出し、M圃場全体で計16個の調査枠を抽出した。各調査枠の表土を深さ10cmまで掘り下げ採取した。その後、採取した土壌を目開き約0.8cmの篩で

調整し、残渣の中から生きた貝を採集した。採集した貝はデジタルノギスで殻頂から殻底までの最大殻高を計測した。

耕耘後の5月16日に2回目の乾土貝密度調査を行った。圃場内の調査位置により貝密度がかなり異なることが予想されたので、2回目の調査枠は、耕耘による土の移動の影響がほとんどないと思われる範囲内で、前回の調査枠の出来るだけ近くに設定した。すなわち、前回の調査枠の東に1m、北に1m移した地点を調査カ所として、前回同様0.25m²の面積で耕耘深（ロータリの耕耘深は10cmに設定したが、耕耘後、土壤が膨潤化するため、採土は15～25cm程度）までの土壌を採取した。土壌からの貝の選別および殻高の計測は前回と同じ方法で行った。

湛水貝密度調査：前述のようにM圃場では5月23日と6月7日に湛水状態で貝の密度調査を行った。調査には1m²のスチール製の枠（1.0×1.0m）を用い、MaおよびMb区画からそれぞれ系統的に60カ所を抽出して、枠内のスクミリンゴガイを採集・計測した。

K圃場ではKaおよびKb区画から1m²の枠を、5月22日にそれぞれ24カ所、6月14日にはそれぞれ40カ所を系統的に抽出し、M圃場と同じ方法で枠内のスクミリンゴガイを採集・計測した。

結 果

1. M圃場における試験

M圃場における耕耘前の貝の越冬密度は、Ma区画が5.5頭/m²、Mb区画が3.5頭/m²で平均4.5頭/m²に達していた（Table 2）。M圃場における越冬貝のサイズごとの頻度分布をFig.1（上図）に示した。越冬貝の殻高の平均は20.3mmであった。その後、Ma区画では防除耕耘を行い、耕耘後の貝密度は1.0頭/m²まで有意に低下し（Wilcoxonの符合順位検定： $p < 0.01$ ）、推定殺貝率は82%と推定された。一方、通常の耕耘を行ったMb区画

Table 2. Decrease in the density of *P. canaliculata* after tillage and/or soil puddling

Field ^{a)}	Sub-field	Practice	Mean snail shell height before tillage ± S.D. (mm)	Snail density / m ²		Mortality ^{b)} (%)
				before practice	after practice	
M	Ma	Intensive tillage	20.4 ± 5.1	5.5	1.0	81.8
	Mb	Tillage	19.5 ± 4.4	3.5	1.0	71.4
M	Ma	Soil puddling	19.5 ± 4.9	1.18	0.40	66.1
	Mb	Soil puddling	21.5 ± 5.5	0.63	0.20	68.3
K	Ka	Intensive tillage+Soil puddling	11.8 ± 4.0	1.96	0.63	67.9
	Kb	Intensive tillage+Soil puddling	11.9 ± 6.6	2.13	0.68	68.1

a) Areas of fields M and K were 29 a and 7 a, respectively. b) Mortality was estimated from the difference in the snail densities before and after tillage and/or soil puddling.

でも耕耘後に貝密度は著しく低下し (Wilcoxon の符合順位検定: $p < 0.01$), 殺貝率は71%と推定された。耕耘前後での同一小区画 (計8区画) における貝密度の減少率のデータを用い, 各小区画を反復して, Ma, Mb 両区画での殺貝率の違いを統計検定したところ, 有意な差はみられなかった (Wilcoxon の符合順位検定: $p > 0.05$)。耕耘後の2回目の乾土貝密度調査で発見された貝のサイズ分布を Fig. 1 (下図) に示した。Ma と Mb 区画を合算した, 殻高20mm より小さい貝の推定死亡率は71%で, 20mm 以上の貝では82%であったが, 殻高による有意な差はみられなかった (Fisher の正確確率検定: $p > 0.05$)。

その後, Ma および Mb 区画では代かきを行い, 代かき前後の湛水貝密度調査により代かきの殺貝効果を推定した。貝の殻高別頻度分布を Fig. 2 (上図) に示した。代かき前の平均殻高は20.4mm で第1回目の乾土貝密度調査時とほとんど同一であった。Ma および Mb 区画での代かき前の貝密度はそれぞれ1.18頭/ m^2 , 0.63頭/ m^2 で, 代かき後は貝密度がそれぞれ1/3程度に有意に低下し (Mann-Whitney U-検定; 両区画とも $p < 0.01$), 貝の死亡率はそれぞれ66%, 68%と推定された。代かき後の貝のサイズ頻度分布を Fig. 3 (下図) に示した。殻高の平均は代かき前より3.3mm 有意に大きくなっており (Mann-Whitney U-検定; $p < 0.01$), 20mm 以上の貝が大部分を占めた。

なお, M 圃場では効果判定の対象となった代かきの翌日 (6月6日) に播種を行っている。M 圃場の播種に用いた代かき同時土中点播種機では, 播種と同時に軽い代かきを行う。したがって, 2日間に2回の代かきを行っている。しかし, 播種時の代かきは軽いものなので, 本報告ではこの2日間にわたって行われた代かきを便宜的に1回の代かきとカウントした。

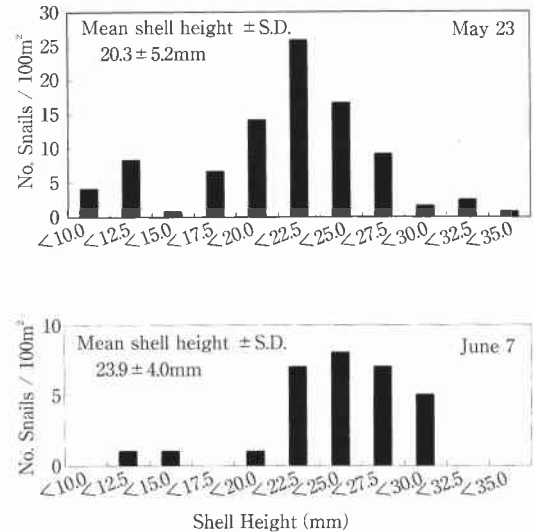


Fig. 2. Size distributions of *P. canaliculata* before (top; May 23) and after (bottom; June 7) soil puddling in field M (Ma + Mb sub-fields).

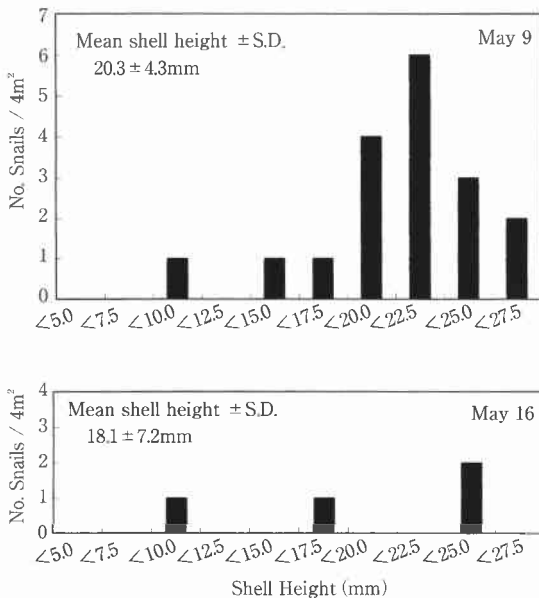


Fig. 1. Size distributions of overwintered snails *P. canaliculata* before (top; May 9) and after (bottom; May 16) tillage in field M (Ma + Mb sub-fields).

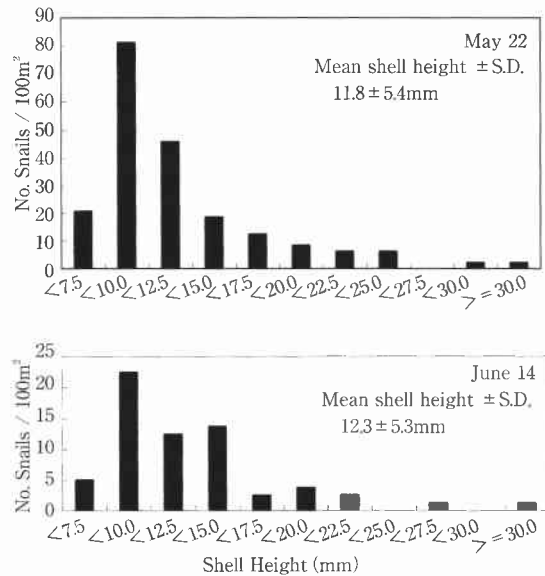


Fig. 3. Size distributions of *P. canaliculata* before (top; May 22) and after (bottom; June 14) tillage plus soil puddling in field K (Ka+Kb sub-fields).

2. K圃場における試験

K圃場では耕耘前に密度調査を行っていないので、越冬貝の密度は不明である。防除耕耘および代かきを行ったKa区画における処理後の貝密度は1.96頭/m²、通常耕耘と代かきを行ったKb区画における処理後の貝密度は2.13頭/m²であった (Table 2)。両区画の1調査枠当たりの平均貝密度に有意差はみられなかった (Wilcoxonの符号順位検定: $p > 0.05$)。その後、K圃場では落水乾土化し通常耕耘と代かきを行い、貝密度の減少を調査した。貝密度はともに0.6~0.7/m²頭まで有意に低下し (Mann-Whitney U-検定: ともに $p < 0.01$)、その間の貝の死亡率はともに約68%と推定された。K圃場で生息していた貝の大きさはM圃場に比べてかなり小さく (Fig. 3. 上図)、1回目の代かき後の平均殻高はKa、Kb区画とも約12mmであった。通常耕耘・代かき後の湛水密度調査での貝の殻高頻度分布を Fig. 3 (下図) に示した。平均殻高は微増していたが、前回の調査時と有意な差はなかった (Mann-Whitney U-検定: $p > 0.05$)。

考 察

M圃場では1回の防除耕耘や通常耕耘により、越冬貝の密度は耕耘前の20~30%に低下し、ロータリ耕耘の高い殺貝効果が確認された。このような高い効果が生じた原因のひとつに越冬貝の平均サイズが約20mmと大きかったことがあげられる。硬化しにくい膨潤な火山灰土壌であったもロータリ耕耘によってスクミリングガイ密度を大幅に低減できることが示された。なお、圃場レベルで耕耘の殺貝効果を調べた高橋ら (2002a) の報告では、耕耘による殺貝率が、年により、シーズンにより大きく変動し、また、貝の殻高の分け方も異なるので、今回の試験結果と比較するのは困難であった。

耕耘による殺貝のメカニズムはロータリ爪による機械的破碎であるので、防除耕耘は通常耕耘より高い殺貝効果が期待された。しかし、M圃場では、耕耘前後の密度低減に防除耕耘区画Maと通常耕耘区画Mbで有意差がみられなかった。また、K圃場においても、1回目の耕耘・代かき後の貝密度に防除耕耘区Kaと通常耕耘区Kbに有意差がみられなかった。これらは防除耕耘の殺貝効果が通常耕耘と同程度であったことを示している。このような結果になった原因は不明であるが、使用したトラクターの馬力がやや不足して予定したロータリ回転数が得られていなかった可能性がある。防除耕耘の効果については使用するロータリや方法を含めて、今後さらに検討する必要がある。

M圃場で求めた代かきの殺貝効果は平均で67%と高

い値を示した。代かきでは液状の土中を高速で回転するハローにより貝を砕くので、殺貝メカニズムが耕耘と多少異なるかもしれない。高橋ら (2002a) は土層実験装置を用い、代かきにおいても殻高の大きい貝の死亡率が高いことを示唆した。彼らの実験によると、代かきによる死亡率は殻高10~20mmの貝で約30%、20~40mmの貝で約70%であった。本試験では、貝の平均殻高が約20mmで67%の死亡率が得られたので、彼らの実験結果よりやや高めの効果を示したと考えられる。ただし、今回の結果は代かきの効果を過大評価している可能性がある。すなわち、1回目の湛水貝密度調査から2回目までに15日間が経過していたので、その間に貝が代かき以外の要因で死亡した可能性が考えられる。しかし、水稲栽培初期の湛水状態での水田における貝の生存率は非常に高く (Tanaka et al. 1999)、また、落水状態でも天敵等による高い死亡要因は考えられない。したがって、代かきの効果に多少の過大評価があったとしても、それは著しく大きなものではなかったと思われる。

K圃場では通常耕耘と代かきの複合効果を判定した。殺貝率はKa、Kb区画とも68%で、耕耘・代かきの殺貝効果が再度確認された。両方の効果が複合されていたのに、M圃場の代かき単独の効果と同程度であったのは、この圃場では耕耘時の貝の殻高がM圃場に比べてかなり小さかったためと考えられる。この実験でも1回目の湛水貝密度調査から2回目までに23日を要しており、殺貝効果を過大評価した可能性があるが、前述したように著しく大きな誤りはないと考えられる。

殻高別の死亡率を推定する目的で、耕耘前後、代かき前後の貝の殻高頻度分布の変化を Fig. 1 ~ Fig. 3 に図示した。しかし、Fig. 1 ではたぶんサンプルサイズが小さすぎたことが原因で、殻高別の死亡率に有意な差がみられなかった。また、湛水貝密度調査データに基づく Fig. 2 や Fig. 3 では、2回目の調査で平均殻高が増加する傾向がみられた。これは調査期間中に貝が成長したことを示すと思われる、特定の殻高で殺貝率を求めるのは妥当でないと思われる。湛水貝密度調査では湛水期間中の貝の成長は避けられず、殻高単位で圃場レベルの殺貝率を求めるためには規模の大きな乾土貝密度調査を行わざるをえないと思われた。

今回の試験により、ロータリ耕耘と代かきの殺貝効果が再確認された。試験によっては、過大評価の可能性を指摘したが、耕耘や代かきとそれに伴う湛水・落排水等の操作により、越冬貝の密度を著しく低減した事実は間違いはない。例えば、M圃場では越冬貝密度が平均4.5頭/m²であったのが、1回の耕耘と2回の代かきにより最

終的には0.3頭/m²にまで低減できた (Table 2)。以上のように、耕耘と代かきがスクミリンゴガイ越冬貝密度の低減に寄与し、播種または田植え直後の被害リスクを小さくできることが示された。耕耘と代かきの殺貝効果の適正な評価や防除耕耘の方法に関して、さらに圃場レベルのデータを蓄積する必要がある。

摘 要

スクミリンゴガイの密度を低減する方法として、ロータリ耕耘と代かきの殺貝効果を圃場レベルで調査した。試験は火山灰 (黒ぼく) 土壌水田で行い、効果の判定は、処理前後の貝の密度変化によった。

1. 圃場の貝の殻高平均が約20mmの場合、ロータリ耕耘により約75%、代かきにより67%の殺貝率が得られた。
2. 圃場の貝の平均殻高が約12mmの場合、耕耘と代かきにより68%の殺貝効果が得られた。
3. 特殊なロータリを装着し、トラクタをゆっくり運転して、通常の耕耘より短いピッチで耕耘する方法 (防除耕耘) も試みたが、通常の耕耘と殺貝率に差は認められなかった。
4. 以上の結果から、膨潤で硬化しにくい火山灰土壌であっても、ロータリ耕耘と代かきにより、水稻栽培前の貝密度を効果的に低減できることが明らかになった。

引 用 文 献

- 行徳 裕・古賀成司・横山 威 (2001) 水稻湛水直播栽培におけるメタアルデヒド剤の播種時散布と落水処理体系によるスクミリンゴガイの被害防止。九病虫研会報47: 65-98.
- 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平・大森博昭 (2002) 石灰窒素の散布が湛水土中直播水稻の出芽に及ぼす影響。日作紀71: 11-16.
- 松島憲一・脇本賢三・吉永悟志・田坂幸平・大森博昭 (2003) 水稻湛水直播栽培における酸素発生剤種子被覆および播種前の代かきによる石灰窒素の出芽障害緩和。日作紀72: 282-289.
- 宮原義雄・平井剛夫・大矢慎吾 (1986) 水田作物を加害するラブラタリンゴガイ (ジャンボタニシ) の発生。植物防疫40: 31-35.
- 高橋仁康・関正 裕・西田初生 (2002a) 市販ロータリ耕うん機によるスクミリンゴガイ被害軽減。農業機械学会誌64(5): 101-107.
- 高橋仁康・関正 裕・西田初生 (2002b) ロータリ耕うんによるスクミリンゴガイ防除に関する基礎的研究。農業機械学会誌64(6): 76-81.
- Tanaka, K., T. Watanabe, H. Higuchi, K. Miyamoto., Y. Yusa, T. Kiyonaga, H. Kiyota, Y. Suzuki and T. Wada (1999) Density-dependent growth and reproduction of the apple snail, *Pomacea canaliculata*: a density manipulation experiment in a paddy field. Res. Popul. Ecol. 41: 253-262.
- 和田 節・遊佐陽一・市瀬克也・菅野紘男・松村正哉・有村一弘・浦野 知 (2001) 殺貝剤施用と落水管理を組み合わせた湛水直播水稻におけるスクミリンゴガイの食害防止。九病虫研会報47: 58-64.
- Wada, T., K. Ichinose and H. Higuchi (1999) Effect of drainage on damage to direct-sown rice by the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae). Appl. Entomol. Zool. 34: 365-370.
- 和田 節 (2000) スクミリンゴガイ。農業および園芸 75: 215-220.
- Wada T. (2004) Strategies for controlling the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese direct-sown paddy fields. JARQ 38: 75-80.
- Wada, T., K. Ichinose, Y. Yusa and N. Sugiura. (2004) Decrease in density of the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) in paddy fields after crop rotation with soybean, and its population growth during the crop season. Appl. Entomol. Zool. 39: 367-372.
- 吉永悟志・竹牟礼穰・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・下坪訓次 (2002) 暖地の湛水直播栽培における土中点播水稻の生育特性。日作紀71: 328-334.
- Yusa Y. and T. Wada (1999) Impact of the introduction of apple snails and their control in Japan. Naga, ICLARM Q. 22 (3): 9-13.

(2004年4月30日受領; 7月7日受理)