伏せ込み促成栽培後のアスパラガス廃棄根株すき込みによる キタネグサレセンチュウ密度低下と後作レタスの収量増加

浦上敦子¹・相澤証子¹・國久美由紀¹・
村上健二¹・徳田進一¹・東尾久雄¹

Soil incorporation of waste asparagus rootstock from rootstock planting forcing culture reduces soil densities of *Pratylenchus penetrans* (Cobb) and damage to subsequent lettuce yield. Atsuko Uragami¹, Shoko Aizawa¹, Miyuki Kunihi¹, Kenji Murakami¹, Sin-ichi Tokuda¹ and Hisao Higashio¹

We tested the utilization of waste rootstocks of asparagus forcing culture as a control agent of *Pratylenchus penetrans* in lettuce production. When asparagus waste rootstocks used in forcing culture were mixed with *P. penetrans* naturally infested soil, population densities of *P. penetrans* declined. Subsequently cultivated lettuce plants of incorporated plots had better growth and higher yield than those of the non-treated control. Waste rootstock mixed with *P. penetrans* naturally infested soil in glass jars at an incorporation rate of 1% (w/w) rootstock significantly lowered *P. penetrans* densities. Rootstocks were incorporated at 11 kg/m² (equivalent to 1% of plowed soil) into nematode infested field plots in late April of 2006, and at rates of 5.5 kg/m² or 11 kg/m² into other plots in early May of 2007. At the beginning of September in 2006, *P. penetrans* population densities in the 11 kg/m² incorporated plot declined to 16% of the control and in July 2007 to 23% and 11% of the control in the 5.5 kg and 11 kg/m² plots, respectively. Lettuce seedlings were then transplanted to the field plots and the head weights and above-ground weights at the harvest were higher in the incorporated plots than the control in both years. Lettuce seedlings were again transplanted to the same field in March of the next year, and the 11 kg/m² plots gave effective control results. Nematol. Res. 39 (1), 23-30 (2009).

Key words: agricultural waste, *Asparagus officinalis*, cultural control, *Lactuca sativa*, organic amendment.

緒 言

日本におけるアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) 伏せ込み促成栽培は1960年代に群馬県北部で始まった。この作型では1～2年間養成した株を11月下旬～12月上旬に掘り上げて、株あたりの重量が約1 kgの根株をハウス内温床に伏せ込み、他の作型の収穫が終わる12～1月から収穫を始め3月末～4月になって萌芽する若茎が細くなる頃に収穫を終了する。この作型は高収益で冬場の労力を活用できるなどの理由から近年東北地方を中心に広がり、2006年の主要県における養成栽培畑面積は合計350 haに達している。露地普通栽培アスパラガスの栽培期間は通常10～20年と長い、伏せ込み促成栽培は最長でも2年間の養成栽培の後、収穫を数か月間行っただけで終了し、残った根株(約1.8 t / 10 a)は毎年廃棄される。栽培面積の拡大に伴って、この廃棄物処理が問題となってきた。

Rohde and Jenkins (1958) は、*Trichodorus christiei* に対して抗線虫作用を持つ物質がアスパラガス根中に含まれ、その物質は低分子量のアグリコンを持つ配糖体であると報告した。Takasugi et al. (1975) は、10年生アスパラガスの貯

蔵根・細根に35 ppm以上の濃度でアスパラガス酸が存在し、アスパラガス酸がジャガイモシストセンチュウ (*Globodera rostochiensis*) の2期幼虫やキタネグサレセンチュウ (*Pratylenchus penetrans*) の幼虫・成虫など数種の線虫に対して殺線虫活性を持つことを示した。Hartung et al. (1990) もアスパラガス貯蔵根中にアスパラガス酸の存在を確認した。また、アスパラガスはキタネグサレセンチュウの好適寄主ではなく、栽培により密度が低下することが報告されている(近岡ら, 1982)。

一方、キタネグサレセンチュウはレタス (*Lactuca sativa* L.) に被害を及ぼし、生育初期における土壌20 gあたりの線虫数と収穫期における結球サイズの間には、ある程度の相関が認められている(宮田・遠藤, 1989)。アスパラガス伏せ込み促成栽培の最大産地である群馬県北部および国内第3位の産地である岩手県ではレタス栽培が盛んで、関東高冷地や東北に多い夏秋取りの作型ではレタスの連作が多くなっている。これまでレタスは土壌病害虫による連作障害が少ないとされてきたが、近年根腐病の発生やネグサレセンチュウの寄生による生育不良が増加している(吉田, 1998)。ネグサレセンチュウの防除には土壌消毒や輪作が有効であるが、近年の消費者の減農薬志向や輪作の手間、コスト等の面からいずれの方法にも問題がある。アスパラガス廃棄根株のすき込みがキタネグサレセンチュウ密度を

¹野菜茶業研究所 茨城県つくば市観音台3-1-1

¹National Institute of Vegetable and Tea Science, 3-1-1, Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8666, Japan.

低減できることが明らかになれば、新たな耕種の防除手段として用いることも可能である。そこで本研究では、アスパラガス伏せ込み促成栽培終了後の廃棄根株すき込みが、キタネグサレセンチュウ密度および後作レタスの収量に及ぼす影響を明らかにするため、室内および圃場条件下で調査を行った。

材料および方法

1. 室内試験

アスパラガス根株（品種：ウェルカム）は、群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センターより入手した伏せ込み促成栽培終了後のもの（乾物率9.6%）およびガラス室内黒色ポリポット（直径12 cm）で2005年3月から3か月間栽培したもの（乾物率13.3%）を用いた。土壌は、茨城県つくば市の野菜茶業研究所つくば研究拠点のキャベツ連作栽培試験圃場から採取したキタネグサレセンチュウ汚染土壌を、孔径2 mmのふるいを通してから供試した。土壌40 gFW（湿重）を100 ml容のガラスサンプルびんに入れ、長さ5 mm程度に細断した根株を、乾物重あたり1, 2, 3%（w/w）となるよう加えて攪拌後、水を添加して土壌含水率を圃場含水量に調整し、密閉後に25 °Cの暗黒条件下に置いた。アスパラガス根株の混入重量は、根株および土壌の乾物率から算出した。無処理区には水のみを添加し、1週間後に土壌中の線虫密度をベルマン法（土壌20 g、ロート径9 cm, 25 °C, 72時間分離）で調査した。試験は1処理あたり4反復とした。

また、土壌pHの影響を調査するために、炭酸カルシウムの添加によりpHを調整（pH 5.6, 6.0, 6.4, 6.8）した試験も同様に実施した。伏せ込み栽培終了後根株の添加量（乾物重）は土壌乾物重の1%とした。

2. 圃場試験

1) アスパラガス根株のすき込みおよび後作レタスの栽培

圃場試験は、茨城県つくば市の野菜茶業研究所つくば研究拠点の試験圃場において2006～2007年（前年度はエダマメ作付）に、また同一圃場内に設けた別の試験区で2007～2008年（前年度はエダマメ、タカナ作付）に行った。

伏せ込み栽培終了後のアスパラガス根株（品種：ウェルカム）は群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センターから分譲を受け、すき込み直前にフレールモアで約15 cmの長さに裁断して供試した。2006年4月25日および2007年5月8日に、キタネグサレセンチュウおよびごく低密度のダイズシストセンチュウに汚染された試験圃場に、歩行用管理機（MC-10V, マメトラ農機）で根株を約15 cmの深さまですき込んだ。根株のすき込み量は、2006年は土壌の1%（w/w, 乾物あたり）（作土層15 cm, 土壌の仮比重：乾燥密度を0.7とした）にあたる11 kgFW/m²とし、2007年は1%および0.5%にあたる11 kgFW/m²および5.5 kgFW/m²（以下FWを省略）とした。対照の無処理区および太陽

熱処理区には根株をすき込まず、耕耘だけ行った。太陽熱処理区は、2006年は5月9日～9月9日、2007年は6月22日～9月9日の間、厚さ0.02 mmの透明ポリエチレンシートで処理区をマルチした。太陽熱処理区で、処理期間中の深さ5 cmおよび15 cmの地温（各2地点）を20分間隔で測定した地温40 °C以上の積算時間は、深さ5 cmで170時間、深さ15 cmで41時間だった。

試験区は1区7 m²（2 m×3.5 m, 3ブロック）の乱塊法で配置した。試験圃場の土壌は火山性壤土で、粒径組成は粗砂16.8%、細砂25.2%、シルト55.6%、粘土2.4%であった。

秋作レタス栽培は以下の方法で実施した。2006年8月22日および2007年8月17日に市販の園芸培土を充填した200穴セルトレイにレタス種子（品種：パトリオット）を播種し、ガラス室内で24日間育苗した。試験区あたり370 gの化成肥料（CDU複合燐加安（N：15%, P₂O₅：15%, K₂O：15%））を施用し、耕耘後に黒色ポリエチレンシート（厚さ0.03 mm）でマルチした。栽植密度は条間30 cm株間30 cmの5条植とし、2006年9月15日および2007年9月10日にレタス苗を定植した。定植直後には0.5%イソキサチオン粒剤を株元に散布した他、レタス地上部の病害防除のため殺菌剤を適宜茎葉散布した。太陽熱処理を除く各試験区は、定植前の6月および8月に手取り除草および中耕を行った。2006年11月21日および2007年11月5日まで栽培し、各区から任意の10株について地上部を収穫して地上部重と結球重を調査した。栽培終了後のレタス根株は抜き取らず、後日、耕起時に混和した。

2連作目の春作レタス栽培は、以下の方法で実施した。品種や育苗方法は秋作と同様で、2007年2月19日および2008年2月19日に播種を行い、29日および35日間育苗した。施肥量および栽植密度は秋作と同様で、透明ポリマルチ（厚さ0.02 mm）で被覆した試験区に2007年3月20日および2008年3月26日に定植した。2007年5月29日および2008年6月12日まで栽培し、各区から任意の10株について地上部重と結球重を調査した。

2) 調査方法およびデータ解析

アスパラガス根株のすき込み直前、すき込み後および秋作レタスの定植直前に各区から任意の9か所について深さ5～15 cmの土壌を採取・混合し（1.5～2.5 kg/区）、孔径2 mmのふるいを通したものを調査土壌とした。線虫密度はベルマン法（調査土壌20 g×2反復/区, 25 °C・72時間分離）で調査した。

アスパラガス根株すき込み跡地土壌の植物生育への影響を調査する目的で、15 ml容の遠沈管に調査土壌10 gを軽く充填し、レタス（品種：パトリオット）の催芽種子を播種して、25 °C・暗黒条件下に置き、3日後に幼根長を調査した。試験は処理あたり10反復の試験を2回行った。

土壌のpHおよびECは、土壌環境分析法（土壌環境分析法編集委員会, 1977）に従い、pHメーター（F-14, 堀場製作所）で調査した。2007年には調査土壌の一部を風乾し、

全窒素含有量および全炭素含有量をNCアナライザー（スミグラフNC-22F，住化分析センター）で分析した。

調査結果は、Statistica（stattsoftジャパン）によるTukey's HSD Testを用いて解析した。

結 果

1. 室内試験

キタネグサレセンチュウ汚染土壌に伏せ込み促成栽培後のアスパラガス根株を混入した結果、無処理と比較してキタネグサレセンチュウ密度は有意に低下し、混入量が多いほど大きく低下した（Fig. 1）。また、ポット栽培したアスパラガス根株を混入した場合も、同程度の効果が認められた。一方、自由生活性線虫密度は根株の混入により有意に増加し、混入量が多いほど大きく増加した。

また、pHを調整した線虫汚染土壌に伏せ込み促成栽培後の根株を混入した結果、処理後のキタネグサレセンチュウ密度、自由生活性線虫密度には供試したpH間で有意差は認められなかったが、最もpHの低いpH 5.6処理では、ともに密度が低かった（Fig. 2）。

2. 圃場試験

1) アスパラガスの根株すき込みが植物生育に及ぼす影響

2006年に、根株を11 kg/m²すき込んだ圃場試験区土壌に播種したレタスの幼根長と、無処理区土壌に播種したものとを比較した。その結果、すき込み44日後および70日後土壌での幼根長は無処理区のそれぞれ87%および83%でやや抑制されたが（Fig. 3A）、113日後の土壌では無処理区と同程度の生育を示した。2007年も同様の調査を行ったが、す

き込み区の幼根長は調査期間を通じて無処理区の95%以上の伸長を示し、明らかな抑制は認められなかった（Fig. 3B）。

2) アスパラガス根株のすき込みが土壌の理化学性に及ぼす影響

2006年の土壌pHは、すき込み後一時的に低下したが、すき込み113日後には無処理区と同程度まで上昇した（Fig. 4A）。土壌のECはすき込み後一時的に上昇し、すき込み113日後には無処理区と同程度まで低下した（Fig. 4B）。

2007年のすき込み直前の5月と秋作レタス定植前の8月に土壌の全窒素および全炭素含有量を測定した結果、すき込み区では全窒素、全炭素含有量ともにわずかに増加したが、無処理区との間に有意差は認められなかった（Table 1）。太陽熱処理区では、処理前から圃場のばらつきにより全窒素、全炭素含有量ともに他の処理区に比べわずかに低かったこともあるが、8月の全窒素および全炭素含有量は、ともに他の処理区に比べ有意に低かった。

3) アスパラガス根株すき込みがキタネグサレセンチュウ密度に及ぼす影響

2006年4月25日に、11 kg/m²の伏せ込み促成栽培終了後の廃棄根株をすき込んだ。その結果、キタネグサレセンチュウ密度の無処理区に対する比率は、すき込み前の88%から44日後には28%へと低下した（Table 2）。7～8月の間は、無処理区の線虫密度も低下したが、すき込み処理区ではより低い線虫密度で推移した。秋作レタス定植時のすき込み区の線虫密度は無処理区の16%だった。同一処理区で翌2007年3月からの春作レタス定植時における線虫密度は、前年秋作の定植時に比べると各区とも高くなっていたが、すき込み区と太陽熱処理区の線虫密度は無処理区に比

Fig. 1. Effects of waste asparagus rootstock incorporation on population densities of *Pratylenchus penetrans* and free-living nematodes in a glass jar assay. Data are the means of four replicates with standard errors. Values of *P. penetrans* and free-living nematodes densities with the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Fig. 2. Effects of soil pH on population densities of *Pratylenchus penetrans* and free-living nematodes in a glass jar assay after incorporation of forcing culture asparagus waste rootstocks. Data are the means of four replicates with standard errors. Values of *P. penetrans* and free-living nematodes densities with the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Fig. 3. Suppression of lettuce radical growth in soil from a field with waste asparagus rootstocks incorporated at a rate of 11 kg/m² in 2006 (A) and 2007 (B). Values are percentages of control of the same date. Asparagus rootstocks were incorporated on April 27th, 2006 and on May 8th, 2007. Data are the means of 20 replicates. Values in parentheses are days from rootstocks incorporation.

Fig. 4. Changes in soil pH (A) and electric conductivity (B) of a field incorporated with waste asparagus rootstocks in 2006. Asparagus rootstocks were incorporated on April 27th, 2006. Data are the means of three replicates with standard errors. Values in parentheses are days from rootstocks incorporation.

Table 1. Total N and total C in soil after incorporation of waste asparagus rootstock in 2007.

Treatment	May 8th (Before incorporation)		August 2nd (86 days after incorporation)	
	Total N (%)	Total C (%)	Total N (%)	Total C (%)
Control	0.349 ± 0.006 a	3.95 ± 0.18 a	0.351 ± 0.004 a	4.06 ± 0.04 a
5.5 kg/m ² rootstock	0.339 ± 0.010 ab	4.00 ± 0.14 a	0.358 ± 0.006 a	4.14 ± 0.08 a
11 kg/m ² rootstock	0.325 ± 0.006 ab	3.82 ± 0.06 a	0.370 ± 0.010 a	4.31 ± 0.09 a
Solar heating	0.322 ± 0.005 bc	3.79 ± 0.09 a	0.313 ± 0.006 b	3.77 ± 0.07 b

The values are the means ± standard errors (n = 3).

Values in a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

べて有意に低かった。

2007年5月8日に5.5 kg/m²または11 kg/m²の根株をカタネグサレセンチュウ密度の高い汚染圃場にすき込んだ。その結果、線虫密度の割合はそれぞれ84% (すき込み時) から23% (27日後) に、および73%から11%に低下した (Table 3)。前年の試験と同様に、秋作レタス定植時にも明らかに効果が認められ、線虫密度は無処理区の31%および21%だった。太陽熱処理区では、処理期間とともに線虫密

度が低下し、レタス定植時にはほぼ0になった。翌2008年2月からの春作レタス定植時における線虫密度は、前年の秋作レタス定植時に比べて、5.5 kg/m²すき込み区と太陽熱処理区で増加し、11 kg/m²すき込み区では同等、無処理区では減少した。この結果、無処理区と5.5 kg/m²すき込み区が同等、11 kg/m²すき込み区が無処理区の44%、太陽熱処理区が12%だった。

2007年5月8日に廃棄根株を11 kg/m²すき込んだ処理

Table 2. Population densities of *Pratylenchus penetrans* in field experiments in 2006 and 2007.

Treatment	Apr. 25th in 2006 (Rootstock plowing-in)	Jun. 8th in 2006 44 days ¹	Jul. 5th in 2006 70 days	Aug. 18th in 2006 113 days	Sep. 13th in 2006 139 days (Autumn lettuce transplant)	Mar. 12th in 2007 320 days (Spring lettuce transplant)
Control	104 ± 24 a	54 ± 1 a	29 ± 15 a	24 ± 7 a	48 ± 11 a	193 ± 49 a
11 kg/m ² rootstock	91 ± 23 a (88)	15 ± 4 b (28)	15 ± 4 a (52)	6 ± 2 a (25)	8 ± 4 b (16)	61 ± 19 b (32)
Solar heating	137 ± 28 a (132)	-	15 ± 3 a (52)	-	2 ± 1 c (3)	61 ± 7 b (32)

The values are the means ± standard errors of nematode numbers in 20 g soil (n = 3).

Values in a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Values in parentheses are percentages of control of the same date.

¹ Days from the plowing-in.

Table 3. Population densities of *Pratylenchus penetrans* in field experiments in 2007 and 2008.

Treatment	May 8th in 2007 (Rootstock plowing-in)	Jun. 5th in 2007 27 days ¹	Jul. 3rd in 2007 56 days	Aug. 2nd in 2007 86 days	Sep. 10th in 2007 124 days (Autumn lettuce transplant)	Mar. 25th in 2008 321 days (Spring lettuce transplant)
Control	832 ± 245 a	1001 ± 354 a	522 ± 160 a	285 ± 91 a	337 ± 92 a	149 ± 39 ab
5.5 kg/m ² rootstock	702 ± 314 a (84)	235 ± 61 b (23)	200 ± 41 ab (38)	85 ± 21 ab (30)	106 ± 12 b (31)	169 ± 49 a (113)
11 kg/m ² rootstock	608 ± 233 a (73)	112 ± 21 b (11)	119 ± 38 b (23)	56 ± 21 b (20)	71 ± 9 b (21)	66 ± 9 bc (44)
Solar heating	661 ± 257 a (79)	328 ± 82 b (33)	61 ± 16 b (12)	56 ± 12 b (20)	0.3 ± 0.2 c (1)	18 ± 1 c (12)

The values are the means ± standard errors of nematode numbers in 20 g soil (n = 3).

Values in a column followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Values in parentheses are percentages of control of the same date.

¹ Days from the plowing-in.

区の27日後の自由生活性線虫密度は、すき込み前の3倍以上に増加した (Fig. 5)。5.5 kg/m²すき込み区でも約2倍に増加したが、無処理区での増加は認められなかった。8月にはすべての区の線虫密度がすき込み前以下に減少した。9月の定植直前には、11 kg区、5.5 kg区、無処理区の線虫密度がこの順序でわずかに増加した。

4) アスパラガス根株すき込みがレタス収量に及ぼす影響

2006年の秋作レタスにおける結球重および地上部重は、すき込み区で無処理区のそれぞれ119%および118%であり、地上部重は無処理区より有意に高かった (Table 4)。また、太陽熱処理区では結球重、地上部重ともに無処理区より有意に高かった。翌2007年3月から連作した春作レタス結球重および地上部重は、すき込み区で無処理区の212%および204%で、太陽熱処理区と同様に無処理区を大きく上回った。

2007年の秋作レタスにおける収量は、太陽熱処理区が結球重、地上部重ともに最も高く、他の処理との間に有意差が認められた (Table 5)。次いで、11 kg/m²すき込み区が無処理区のそれぞれ206%および176%、5.5 kg/m²すき込み区が156%および148%と優れ、いずれも無処理区に対して有意差が認められた。翌2008年2月から連作した春作レタスにおける結球重および地上部重は、5.5 kg/m²すき込み区は無処理区のそれぞれ109%および108%で無処理区と同等、11 kg/m²すき込み区では136%および126%で両者

とも有意に高く、太陽熱処理区ではさらに高かった。

2007年の秋作レタス栽培における、定植時の線虫密度と収穫時の結球重および地上部重との間の相関係数は、それぞれ $R^2 = 0.599$ (n = 12) および $R^2 = 0.636$ (n = 12) であり、この時のみ有意な相関関係が認められた。

考 察

本試験結果より、アスパラガスの根株を土壌に混入することで、キタネグサレセンチュウ密度が減少することが確認された。この効果は伏せ込み促成栽培終了後の根株でも認められたことから、廃棄根株のすき込みにより、圃場条件下でキタネグサレセンチュウ密度を低減できることが示唆された。

アスパラガスはアレロパシー物質を生産することが知られており、土壌への乾燥根の混入によるアスパラガス生育の阻害が報告されている (元木ら, 2006)。今回の試験でも、2006年の根株11 kg/m²すき込み跡地土壌では、すき込み後約2か月後まで、レタス幼根長の伸長が無処理区に比べ約20%阻害された。しかし、すき込み3か月後の土壌では伸長阻害は認められず、2007年の試験では調査時期を通じて明らかな伸長阻害は認められなかったため、春季のすき込みの9月定植の秋作レタス栽培への悪影響は無いと考えられた (Fig. 4)。また、すき込み処理土壌でのpHの低下、ECの上昇などの現象は、レタス定植時期の9月上旬までには、ほぼ無処理区と同程度になり (Fig. 5) 秋作レ

Table 4. Autumn and spring lettuce yields in field experiments in 2006 and 2007.

Treatment	Autumn lettuce in 2006		Spring lettuce in 2007	
	Lettuce head weight (g)	Lettuce above-ground part weight (g)	Lettuce head weight (g)	Lettuce above-ground part weight (g)
Control	236 ± 30 b	468 ± 49 b	209 ± 40 b	321 ± 61 c
11 kg/m ² rootstock	282 ± 7 b (119)	550 ± 28 a (118)	444 ± 13 a (212)	656 ± 25 a (204)
Solar heating	309 ± 64 a (131)	570 ± 100 a (122)	388 ± 23 a (186)	546 ± 23 b (170)

The values are the means ± standard errors (n = 3).

Values followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Values in parentheses are percentages of control of the same column.

Table 5. Autumn and spring lettuce yields in field experiments in 2007 and 2008.

Treatment	Autumn lettuce in 2007		Spring lettuce in 2008	
	Lettuce head weight (g)	Lettuce above-ground part weight (g)	Lettuce head weight (g)	Lettuce above-ground part weight (g)
Control	140 ± 10 d	306 ± 18 c	453 ± 25 c	709 ± 48 c
11 kg/m ² rootstock	288 ± 23 b (206)	540 ± 40 a (176)	615 ± 62 b (136)	895 ± 79 b (126)
5.5 kg/m ² rootstock	219 ± 13 c (156)	452 ± 10 b (148)	493 ± 71 c (109)	769 ± 73 bc (108)
Solar heating	356 ± 60 a (254)	592 ± 80 a (193)	674 ± 80 a (149)	1062 ± 86 a (150)

The values are the means ± standard errors (n = 3).

Values followed by the same letter are not significantly different at $P = 0.05$ (Tukey's HSD test).

Values in parentheses are percentages of control of the same column.

タスの生育には影響を及ぼさなかったものと考えられた。

高杉ら (1977) によれば、アスパラガスの根に含まれるジヒドロアスパラガス酸のダイズシストセンチュウ (*Heterodera glycines*) 2期幼虫に対する殺線虫活性は、純水中では高かったが、pH 6.6のリン酸バッファー中では低下した。これは、液のpHが上がるとジヒドロアスパラガス酸中のカルボン酸が解離して、親油性が小さくなり、生体への浸透性が妨げられるカルボキシレートイオンになるためだと考えられた。今回の試験結果でも、pHの高い土壌中で、すき込み後のキタネグサレセンチュウ密度および自由生活性線虫数密度がやや高い傾向が認められ (Fig. 2)、アスパラガス根株の土壌混入によるキタネグサレセンチュウ密度低減効果に対して、植物体に含まれる有機酸などが関与している可能性を示唆した。またこの結果から、圃場の通常のpHの範囲で、根株すき込みの線虫密度低減効果が期待されると考えられた。

アスパラガス廃棄根株を線虫汚染圃場にすき込んだ2回の試験の結果、すき込み区では秋作レタス定植時のキタネグサレセンチュウ密度が無処理区に比べて明らかに低かった (Table 2, 3)。一方、自由生活性線虫密度はすき込み後1~2か月間は無処理区に比べ高かったが、8月上旬には無処理区と同程度に低くなり (Fig. 5)、秋作レタス定植時の全線虫数に占めるキタネグサレセンチュウ数の割合は、無処理区では約5割、すき込み区では1割弱だった。大林 (1989) の報告と同様に、生の有機物のすき込みによって

土壌中の生物活性が一時的に高まったものと考えられた。このすき込み直後の自由生活性線虫密度の上昇は、室内試験でも認められた (Fig. 1) が、この現象と、キタネグサレセンチュウ密度低下との関連は明らかではなかった。土壌中の全炭素含有量については、有意差はないものの無処理区と比べすき込み処理区で上昇しており、すき込み区では土壌中の有機物含量が増加しているものと推察された (Table 1)。

筆者らは、タカナ (*Brassica juncea* Czern.) 数品種の根を土壌に混入後、密閉することにより、土壌中のキタネグサレセンチュウ密度が低減することを報告した (浦上ら, 2006)。この効果は圃場すき込み試験においても確認されたが、殺線虫物質が揮発性のイソチオシアネート類と考えられるため、すき込み後にマルチ敷設が必要であり、すき込みのみでは効果が認められなかった (浦上ら, 2007)。アスパラガス根株すき込みの場合はマルチ敷設が不要であり、コスト的に有利だと考えられる。

皆川ら (2004) の報告によれば、加温処理によってキタネグサレセンチュウが検出されなくなる処理温度と処理時間の組み合わせは40℃で72ないし120時間以上であった。今回の圃場試験でも、2007年の太陽熱処理区では、レタスの主な根圏域となる深さ15 cm以上の土壌層で40℃以上の積算時間が41時間以上だったことから、処理期間中の高温により線虫密度が低減したと考えられた。

今回の試験においてレタス定植時の線虫密度と収穫時の

結球重および地上部重との間に有意な相関関係が認められたのは、2007年の秋作のみだったが、傾向としては他のレタス作でも、定植時の線虫密度の低い処理で収量が高く、密度が高い処理で収量が低かった。本試験のレタス収量は、最も生育の進んだ太陽熱処理区の収穫時期に合わせて行った。宮田・遠藤（1989）によれば、レタスの場合ネグサレセンチュウにより生育が遅延することが知られている。これらのことから、線虫密度の高い処理区では、低密度の処理区に比べて生育が遅れ、結果として収量が減少したものと考えられた。根株すき込みの窒素源としての側面については、慣行の施肥を行っていること、すき込みを行わず全窒素含量がむしろ減少した太陽熱処理区で最もレタス収量が高かったこと、今回供試品種とした「パトリオット」は施肥窒素への反応が比較的鈍いマック系に属するとされることなどの理由から、レタスに対する生育促進効果はほとんどなかったと考えられ、アスパラガス廃棄根株のすき込みによる線虫密度の低下が収量増加の主たる要因と考えられた。

また、秋作に続いて翌年3月から栽培した春作レタス定植時のキタネグサレセンチュウ密度は、前年9月の秋作レタス定植時に比べてほとんどの区で密度増加が認められた。しかし、太陽熱処理区および11 kg/m²すき込み処理区の線虫密度は無処理区に比べて低く、春作レタス収量にも無処理区との間に有意差が認められたことから、11 kg/m²すき込み処理は2作目まで有効であり、5.5 kg/m²のすき込み量では2作目まで密度低減効果は持続しないと考えられた。

アスパラガス伏せ込み促成栽培圃場から廃棄される根株はおおよそ1.8 kg/m²であるため、すき込み可能なレタス圃場の面積は11 kg/m²のすき込み量ではアスパラガス圃場面積の1/6、5.5 kg/m²では1/3の面積となる。したがって、レタス圃場全面にすき込むのではなく、通常連作されているレタス圃場において線虫被害が疑われる場所に、必

要量のアスパラガス根株をすき込むことが有効だと考えられる。

今回の試験結果から、アスパラガス根株のすき込みにより、汚染圃場において後作レタスの収量を増加させる程度にキタネグサレセンチュウ密度を低減できることが明らかになった。しかし密度抑制の作用機作は、これまでの報告からアスパラガス根中の何らかの物質が関与していることが推察されるものの、その物質と作用機作は解明されていない。今後はこれらを明らかにするとともに、アスパラガスの廃棄根株の処理方法を改善して、現地に普及しやすい利用技術確立していきたい。

謝 辞

アスパラガス伏せ込み促成栽培終了後の根株を分譲いただいた群馬県農業技術センター中山間地園芸研究センターの小泉丈晴博士、石澤昌彦氏およびキタネグサレセンチュウを同定していただいた（独）農研機構中央農業総合研究センターの水久保隆之博士に深く感謝する。

引用文献

- 近岡一郎・大林延夫・椎名清治（1982）緑肥作物等の夏作への導入とキタネグサレセンチュウおよびサツマイモネコブセンチュウの発生動向．日本線虫研究会誌 11, 19-23.
- 土壤環境分析法編集委員会（編）（1977）水質 土壤環境分析法（第Ⅵ章）．In:土壤環境分析法．博友社、東京、386-400.
- Hartung, A. C., Nair, M. G. and Putnam, A. R. (1990) Isolation and characterization of phytotoxic compounds from asparagus (*Asparagus officinalis* L.) roots. *Journal of Chemical Ecology* 16, 1707-1718.
- 皆川 望・相場 聡・片山勝之・三浦恵蔵（2004）夏季マルチ処理による露地太陽熱処理の線虫密度低減効果．中央農業総合研究センター研究報告 4, 25-34.
- 宮田将秀・遠藤尚美（1989）ネグサレセンチュウによるレタスの被害．北日本病害虫研究会報 40, 200（講要）．
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原 温（2006）沖積土壌におけるアスパラガスの連作障害に対するアレロパシーの関与．園芸学研究 5, 431-436.
- 大林延夫（1989）ダイコンを加害するキタネグサレセンチュウの防除技術に関する研究．神奈川県園芸試験場研究報告 39, 1-90.
- Rohde, R. A. and Jenkins, W. R. (1958) Basis for resistance of *Asparagus officinalis* var. *altilis* L. to the stubby-root nematode *Trichodorus christiei* Allen 1957 (Bulletin A-97). Agricultural Experiment Station, University of Maryland, College Park, Md., pp. 5-19.
- 高杉光雄・戸田久之・高杉百合子・正宗 直・気賀沢和男（1977）アスパラガス酸関連化合物における構造と殺

Fig. 5. Changes in populations of free-living nematodes after field incorporation of waste asparagus rootstocks in 2007. Asparagus rootstocks were incorporated on May 8th, 2007. Data are the means of three replicates with standard errors. Values in parentheses are days from rootstocks incorporation

線虫活性の関連性．北海道農業試験場研究報告 118, 105-111.

Takasugi, M., Yachida, Y., Anetai, M., Masamune, T. and Kegasawa, K. (1975) Identification of asparagusic acid as a nematocide occurring naturally in the roots of asparagus. Chemistry Letters, 4, 43-44.

浦上敦子・相澤証子・村上健二・徳田進一・東尾久雄 (2007) タカナおよびアスパラガス根系のすき込みが後作レタスの生育とキタネグサレセンチュウ密度に与

える影響．園芸学会雑誌 76 (別1), 449 (講要)．

浦上敦子・廣兼久子・徳田進一・東尾久雄 (2006) 室内および圃場試験におけるタカナ根のグルコシノレート含量とすき込みのキタネグサレセンチュウ殺線虫効果．園芸学会雑誌 75 (別1), 374 (講要)．

吉田清志 (1998) 畑での作付け体系と土壌管理．農業技術体系野菜編 6, レタス・サラダナ基礎編, 205-209.

受領：2008年6月30日

摘 要

伏せ込み促成栽培後のアスパラガス廃棄根株
すき込みによるキタネグサレセンチュウ密度低下と
後作レタスの収量増加

浦上敦子・相澤証子・國久美由紀
村上健二・徳田進一・東尾久雄

アスパラガス伏せ込み促成栽培終了後に廃棄された根株を、ガラスびん内キタネグサレセンチュウ (以下、線虫) 汚染土壌に乾物あたり 1% (w/w) 混入すると、線虫密度が明らかに減少した。線虫汚染圃場において2006年4月下

旬に作土層の1%にあたる11 kg/m²の根株をすき込む試験を実施し、同一圃場内の別試験区において2007年5月初旬に5.5 kgまたは11 kg/m²の根株をすき込む試験を実施した。その結果、すき込み約4か月後の秋作レタス定植時の線虫密度が、2006年は無処理区の16%、2007年はそれぞれ23%と11%といずれも有意に低く、秋作レタスの結球重および地上部重も有意に高くなった。翌年3月からそれぞれの試験区に根株をすき込まずにレタスを連作したところ、11 kg/m²すき込み区では再度効果が認められた。これらの結果から、アスパラガス廃棄根株のすき込みにより、レタスの収量を増加させる程度に線虫密度を低減できることが明らかになった。