

緑肥作物「ヘイオーツ」の線虫抑制効果

雪印種苗(株) 北海道研究農場

技術顧問 山 田 英 一

はじめに

ヘイオーツ（乾草用エンバクの意）はエンバク野生種から早生・多収を目標に当社が育成した品種で、当初は飼料用、緑肥用として栽培されてきました。

筆者は道立中央農業試験場において根菜類を加害し、品質低下が深刻な問題となっていたキタネグサレセンチュウの防除対策を究明する中で、輪作に組み入れて線虫密度を低下させる新たな作物を探していました。

キタネグサレセンチュウは極めて寄生範囲が広いので、普通に栽培されている作物の輪作では密度低下が不可能なためです。また、線虫抑制作物として、当時、マリーゴールド、クロタラシア、ギニアグラスなどが知られていましたが、寒冷地の広大な露地野菜に適応できる線虫対抗植物を求めて検索した結果、ヘイオーツの抑制効果が明らかとなりました。その後、筆者と当研究農場及び石狩南部農業改良普及センターとの共同試験でヘイオーツの実用性が確認され、平成3年度の北海道農業試験会議で指導事項に決定されました。

なお、ヘイオーツは根菜類栽培地帯に広く発生するキタネコブセンチュウの非寄主作物のため、この密度低下に有効であり、また、キタネグサレセンチュウに次いで分布の広いノコギリネグサレセンチュウへの効果も確認されています。

北海道では、これまでキタネグサレセンチュウの被害作物として、ダイコン、ニンジン、ゴボウ（これらの被害症状は本誌44巻6号、1996をご覧下さい）が問題となっていました。平成8年には十勝管内のナガイモで被害が確認されています。

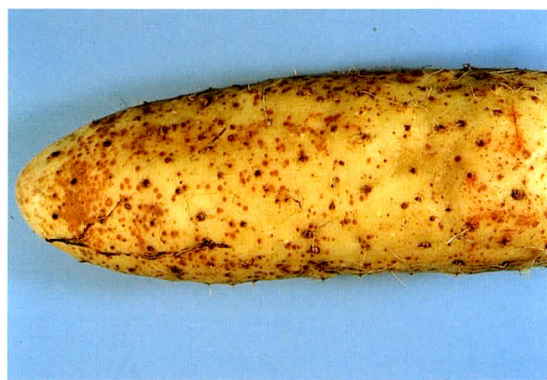


写真1 キタネグサレセンチュウによるナガイモの被害症状（表皮に淡褐色の円形斑点）

（写真1）。

現在、ヘイオーツは北海道や東北など寒冷地のほか、関東平坦部などでも広く栽培されており、わが国で初めて対抗植物が実用化された三浦ダイコンの栽培地帯でも、栽培の簡便さからマリーゴールドに替わり、ヘイオーツの栽培が増加しています。

発売以来かなりの年数を経過していますが、その後の試験で明らかになった知見などを加えて以下に解説いたします。

1 線虫による根菜類の被害

1) 線虫密度と被害

対抗植物の利用目的は線虫密度を低下させ、後作物の被害を回避することにあります。その利用の前提として、まず、商品として流通できる根菜類の被害程度と、この被害を与える線虫密度を把握することが必要となります。

北海道の露地にはネグサレセンチュウ類とキタネコブセンチュウが広く発生して根菜類を加害していますが、図1に根菜類の被害調査基準を示し

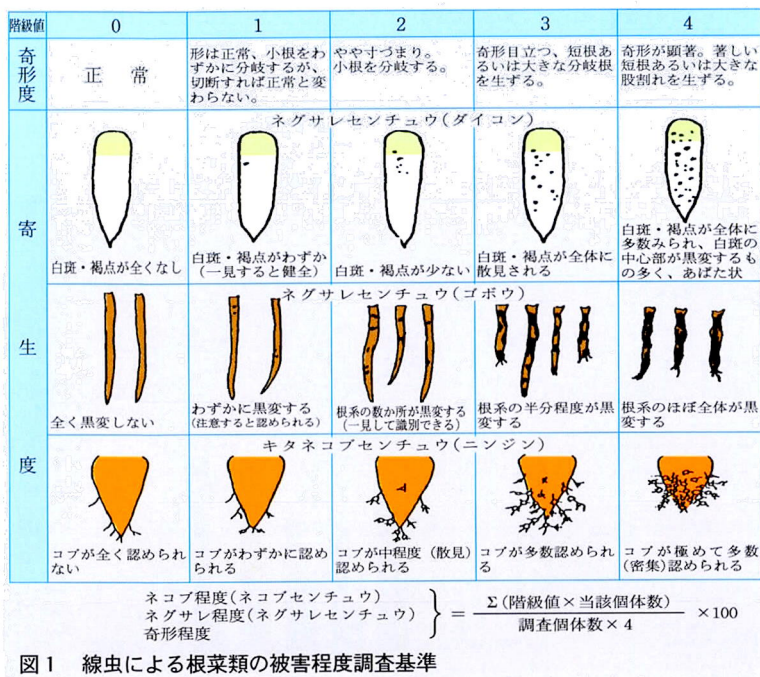


図1 線虫による根菜類の被害程度調査基準

ます。主産地における根菜類の出荷実態から見て、生食用として出荷可能な程度をこの図にあてはめてみると、各作物とも寄生症状が軽い“寄生度0～2”，しかも、奇形も軽い“奇形度0～2”となります。

対抗植物の実用性はこの程度以下に被害を抑制できるか否かで判定します。線虫による被害程度はもとより土壤中の線虫密度により決まりますが、その密度は次の方法で調べます（詳しくは本誌44巻8号，21～24頁，1996をご参照下さい）。

① **土壌から線虫分離**：土壌25gからベルマン法で48時間分離した線虫数を線虫密度として表示します。

② **ゴボウを用いた簡易検診法**：翌年に根菜類の栽培を予定している圃場について，秋期の作物収穫後に土壌を採取し，これを小さな鉢（4号程度）に詰め，ゴボウを5粒程度播種し，温室などで2か月間栽培し，鉢から根を掘り上げ，水洗して図1の基準にあてはめ調査します。ネグサレセンチュウはゴボウ，キタネコブセンチュウはニンジンの図に当てはめて調査し，その症状の程度により線虫密度を推定します。ゴボウを指標植物とした時のキタネグサレセンチュウの密度とネグサレ程度との関係を図2に示します。この図のネグサレ

程度は図1の下に記されている式にあてはめ算出しますが，この値は全ての個体が指数1の場合には25，2の場合は50，3では75，4では100となります。

2) 栽培可否の判断

生食用として商品価値のある個体が80％得られる限界密度を要防除密度としましたが，この線虫密度とゴボウによる簡易検診法による結果を合わせて表1に示します。この基準以上の場合には，ヘイオーツ栽培などにより線虫密度の低下が必要になります。この表を見ると，商品となる根部が加害されるため，極めて低い密度でも商品価値に影響することが分かります。

2 エンバク野生種優良系統の選抜

1) キタネグサレセンチュウに対する反応

キタネグサレセンチュウの低減効果の高い系統

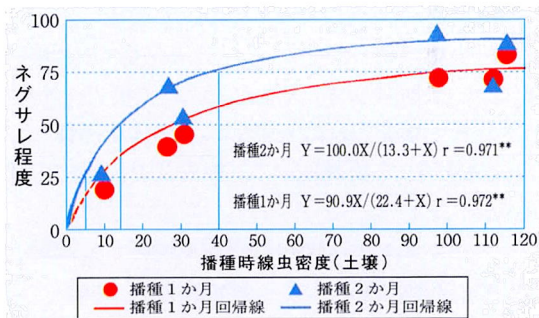


図2 ゴボウを指標植物とした時のキタネグサレセンチュウの密度とゴボウのネグサレ程度

表1 根菜類の栽培可否の判断基準となる播種時の線虫密度及び指標植物（ゴボウ）への寄生度

線 虫 名	栽培予定作物	線 虫* 密 度	ゴボウ根の寄生度**	
			1	2
キタネグサレセンチュウ	ダイコン	10頭	○	○
	ゴボウ	5頭	○	×
	ニンジン	5頭	○	×
キタネコブセンチュウ	ゴボウ	2頭	○	×
	ニンジン	2頭	○	×

注) *土壌25g当たり検出数、これ以上で被害発生

**○：栽培可能、×：栽培不能

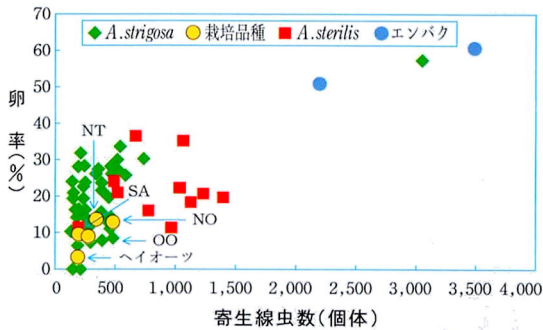


図3 エンバク野生種および栽培品種に対するキタネグサレセンチュウの寄生反応 (雪印種苗、1996)

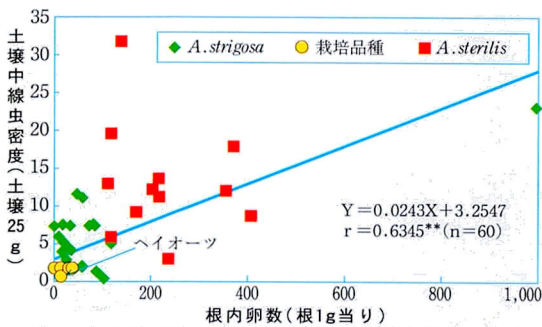


図4 キタネグサレセンチュウ生息圃場に栽培したエンバク野生種および栽培品種の根内卵数と栽培後の土壌中線虫密度 (雪印種苗、1996)

を得るために、主として USDA より収集したエンバク野生種系統 (*A. strigosa*, *A. sterilis*) と栽培品種について検討しました。約 50 頭/土壌 25 g が検出される土壌を入れた 4 号鉢に 5 個体を播種し、70 日間栽培 (5 反復) して、根内及び土壌中の線虫を調べました。

ネグサレセンチュウ類は根内で産卵して増殖するため、対抗植物としての評価を卵率 (成虫・幼虫・卵の合計に対する卵の割合, %) で比較しました。卵率が低いほど密度低減効果が高いと考えられますが、栽培品種の中ではヘイオーツの卵率が最も低い結果が得られました (図 3)。

この卵率は有望系統の選抜手法としては有効ですが、線虫の寄生量が各系統で異なるため、土壌中の密度に及ぼす影響を調べるには卵率よりも実際の卵数で比較したほうがよいと考え、この関係を見たところ、卵数が低いほど栽培後の密度は低下していることが分かります (図 4)。

2) 生育状況

エンバク野生種の中では全般的に *A. strigosa* が

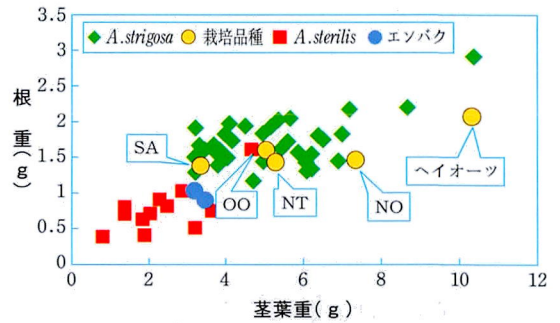
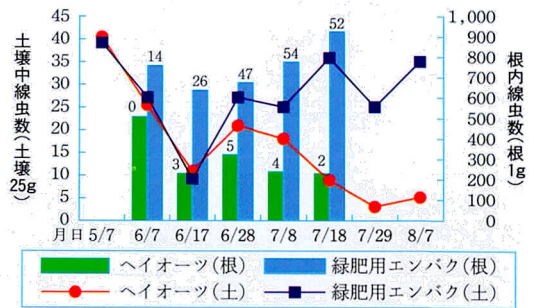


図5 キタネグサレセンチュウ生息土壌におけるエンバク野生種および栽培品種の生育 (雪印種苗、1996)



棒グラフ上の数字は寄生総数 (成・幼虫・卵) に対する卵率 (%)
図6 「ヘイオーツ」と「緑肥用エンバク」におけるキタネグサレセンチュウの消長比較 (春まき) (雪印種苗、1996)

A. sterilis よりも生育が旺盛でした。また、栽培品種の中では草重、根重ともに「ヘイオーツ」が最も旺盛でした (図 5)。後で述べるようにヘイオーツの線虫抑制効果は根に侵入した線虫の発育抑制によるとみられるため、ヘイオーツのように根量の大きいことは線虫密度の低減に有利な条件と考えられます。

3 ヘイオーツの作用機作について

1) ヘイオーツの栽培とキタネグサレセンチュウの密度変動

キタネグサレセンチュウが約 40 頭/土壌 25 g 検出される圃場に 5 月 7 日から 2 か月間ヘイオーツと緑肥用エンバクを栽培したところ、土壌中線虫密度はヘイオーツ栽培区では次第に低下し、緑肥用エンバク区では逆に増加しています。一方、根内の寄生虫数及び卵率はヘイオーツでは緑肥用エンバクに比して極めて低く推移しています。このことから、ヘイオーツの根内に侵入した線虫の発育が抑制され、徐々に死滅していることが推測さ

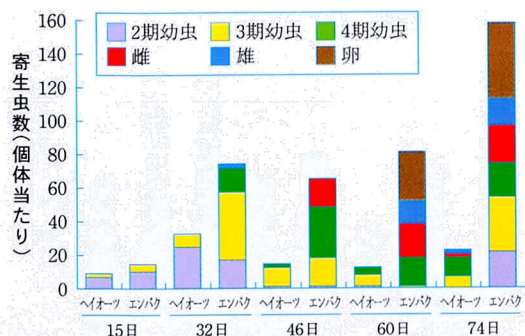


図7 「ヘイオーツ」と「緑肥用エンバク」における
カタネグサレセンチュウの発育比較

れます(図6)。

2) ヘイオーツの線虫抑制効果の解析

① 根部における殺線虫物質の有無

熱処理した赤玉土を充てんした1/5,000ワグネルポットに、ヘイオーツと緑肥用エンバクを2か月間栽培しました。そのポットに水を満して24時間保持し、抽出・ろ過した液“根部抽出液”，根5gを300mlの水とともにミキサーにかけて磨砕し、ろ過した液“根部磨砕汁液”を用意しました。

この液にカタネグサレセンチュウ約500頭を浸漬して死虫率を見ると、ヘイオーツでは根部抽出液，根部磨砕汁液中の死虫率はともに緑肥用エンバクや水と有意差がなく，また，成績を省略しましたが，ヘイオーツを鉢栽培し，出穂期まで随時灌水し，下部から漏出する水を集めて濃縮した液(当社，技術研究所作成)の死虫率も水と同等でした。したがって根内には強い殺線虫物質は含まれず，また，根外への分泌もないと判断されました。

② 根内における線虫の発育

殺菌土を充てんしたプラスチックコップに発芽直後のヘイオーツと対照として緑肥用エンバクを移植し，ここにアルファルファカルス培養のカタネグサレセンチュウの2期幼虫のみ1,000頭を接種して，温室で生育させ，約15日間隔で根内における発育経過を追跡しました。

初期の寄生量はヘイオーツと緑肥用エンバクはほぼ同等ですが，その後，緑肥用エンバクでは寄生量が増加し，発育も順調に推移し，74日目の調査では多数の雌成虫，卵，次世代の2期幼虫が見られますが，ヘイオーツでは発育が抑制され，ま

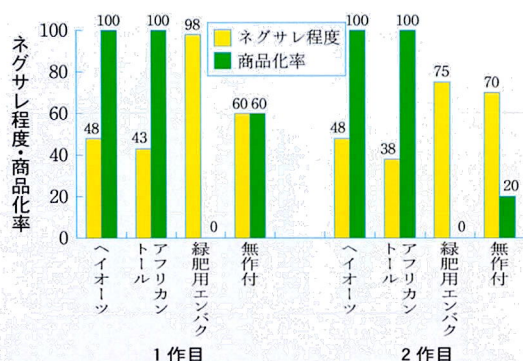


図8 ヘイオーツの栽培と後作ダイコンの被害
(中央農試,1992)

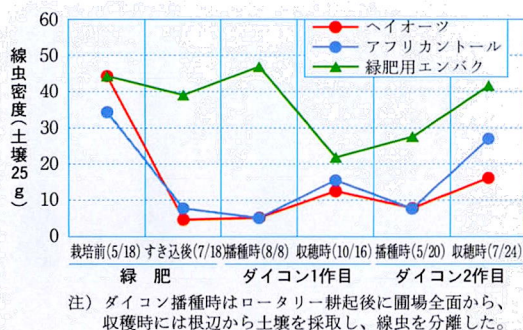


図9 ヘイオーツ・ダイコン栽培前後のカタネグサレ
センチュウ密度の推移 (中央農試,1992)

た，寄生量も少なく推移しています(図7)。

また，ヘイオーツの根を染色して観察しますと，侵入部位にいわゆる過敏反応による組織のネクロシスは観察されませんでした。

以上の現象から，ヘイオーツの根部に殺線虫物質は含まれておらず，線虫抑制効果は線虫への栄養的な要因が作用しているとも推測されます。

4 ヘイオーツ栽培とダイコン被害軽減効果

カタネグサレセンチュウが約50頭/土壌25g生息する圃場に，ヘイオーツ(播種量15kg/10g)と対照のマリーゴールド(アフリカントール，播種量1.5ℓ/10a)を2か月間(5月18日から7月16日)栽培したところ，栽培後の線虫密度はともに播種時の約10%にまで低下し，後作の秋ダイコン(耐病総太り)のネグサレ程度は生食用として商品化できる50(図1の指数では2)以下と軽く，全てが出荷可能でした。また，これらの区に翌年春ダイコン(T340)を連作したところ，商品化率100

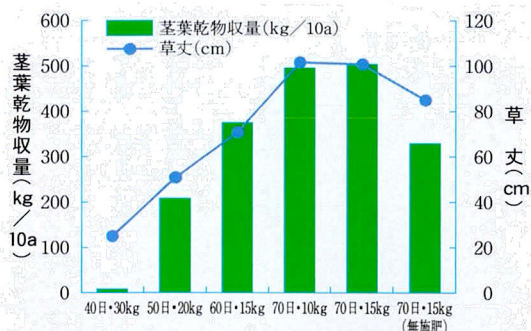


図10 キタネグサレセンチュウ生息圃場における「ヘイオーツ」春まきの播種時期・播種量と生育 (雪印種苗、1996)

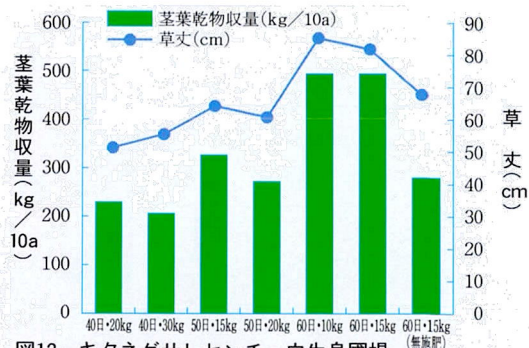


図12 キタネグサレセンチュウ生息圃場における「ヘイオーツ」夏まきの播種時期・播種量と生育 (雪印種苗、1996)

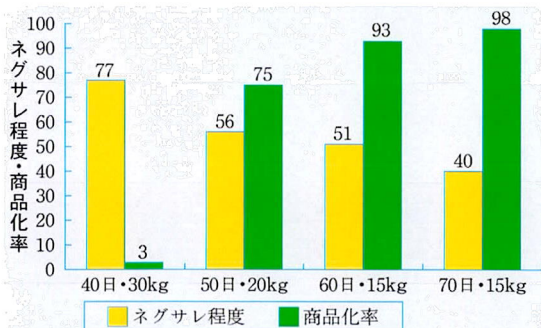


図11 キタネグサレセンチュウ発生圃場における「ヘイオーツ」春まきの栽培期間・播種量と後作ダイコンのネグサレ程度・商品化率 (雪印種苗、1996)

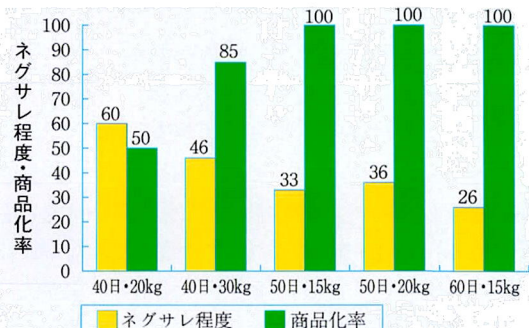


図13 キタネグサレセンチュウ発生圃場における「ヘイオーツ」夏まきの栽培期間・播種量と後作ダイコンのネグサレ程度・商品化率 (雪印種苗、1997)

％が得られ、効果は2作目まで持続しました(図8)。栽培期間中の線虫密度の推移を図9に示しましたが、各作期のダイコン播種時の線虫密度は10頭/土壌25g以下となっており、このため、ダイコンの被害も軽かったのですが、これはダイコンでの増殖率が低いためであり、ゴボウ、ニンジンのように増殖率が高い作物では、1作が限度と考えられます。

北海道の大規模栽培を想定したため、ヘイオーツ及び対照のマリーゴールドはともに直播栽培としましたが、マリーゴールドは初期生育が遅いため雑草対策が必要なこと、種子が小さく均一播種が困難なことなどから、大規模直播栽培での実用性はヘイオーツが勝ります。なお、渡島管内の七飯町ではマリーゴールドの移植栽培が実用化されています。

5 ヘイオーツの栽培期間と効果

キタネグサレセンチュウを抑制するヘイオーツの栽培期間は60日が標準ですが、この期間を短縮

できれば、さらにヘイオーツ導入の可能性が広がることから、1996年に栽培期間と播種量を組み合わせで検討しました。播種量は栽培期間が標準より短い場合は多めに、長い場合は少なめに設定、施肥量はN・P・K各5kg/10aとしました。

1) 春まき試験

キタネグサレセンチュウが30～50頭/土壌25g検出される中密度圃場を供試し、各区とも播種日を5月7日とし、栽培期間を40～70日まで10日間隔で設定し、腐熟期間20日、すき込みを当日、10日および20日後の3回とし、ダイコン「涼太」を60日栽培し、効果を判定しました。ヘイオーツの生育は5月から7月中旬までの低温経過により、生育は約10日遅れました(図10)。

後作ダイコンの被害程度からヘイオーツの効果を見ると、50日栽培(草丈53cm)から効果が認められ、商品化率75％が得られ、60日栽培(草丈63cm)では93％が得られました(図11)。しかし、50日栽培区のヘイオーツの収量は60日栽培区の約半分に止まり(図10)、線虫抑制効果と緑肥効果を



写真2 ブロードキャスターによるヘイオーツの播種(縦と横に2回に分けて均一に播種します)

考えると、60日栽培が望ましいと判断されました。しかし、当年のような低温条件下でも標準の60日栽培で十分な効果を得られることが確認されました。

2) 夏まき試験

19～47頭/土壌25gの中密度圃場を供試し、各区のヘイオーツのすき込み時期を10月15日とし、これよりさかのぼって播種日を設定しました。具体的な播種日は、60日区は8月14日、50日区は8月26日、40日区は9月4日となります。

ヘイオーツの60日栽培区の草丈、収量は播種量10kgと15kgは同等でした。50日区の収量も15kgと20kgはほぼ同等で、60日区の約70%が得られました。その草丈は約60cmでした(図12)。翌春に栽培したダイコン「喜太一」の商品化率は、40日(30kg)栽培区では85%、50日栽培以降では100%が得られました(図13)。

前述の春まきでは低温のため生育が遅延しましたが、通常、夏まき時の気温は春まき時よりも高めに経過するため、一般に生育が旺盛なことから、線虫密度低減効果と有機物供給量を勘案すると、夏まきでは10a当たり15kgの50日栽培で十分と考えられました。

6 ヘイオーツの栽培期間とキタネグサレセンチュウ密度低減効果(要約)

これまでの圃場試験の結果から、ヘイオーツの



写真3 ヘイオーツ播種後の覆土・鎮圧(発芽率を高めるため、播種後の覆土、鎮圧を忘れない)

栽培期間と密度低減率(すき込み時密度/播種時密度、%)をまとめました。概観すると、効果には栽培期間が重要であり、播種量では10～30kg/10aの範囲では効果の違いは認められませんでした。密度低減効果は栽培期間50～70日で高く、多くの例では播種時の10%程度(効果の劣る場合でも20%以下)まで低下することが示されています。しかし、40日栽培では播種量を増加しても効果は不十分でした。

7 根菜類のキタネグサレセンチュウを排除するためのヘイオーツの利用手順

- 1) ヘイオーツの標準の栽培期間は60日(播種量15kg/10a)ですが、夏まきでは50日程度まで短縮が可能と考えられます。その場合、ヘイオーツすき込時の草丈が60cm以上に達していることを目安とします。
- 2) 根菜類の商品価値に影響するキタネグサレセンチュウの密度は表1に示したとおりです。
- 3) 利用の手順
 - ① ヘイオーツ栽培前の線虫密度を調べます。
 - ② ヘイオーツの密度低減率を80～90%として、栽培後の密度を予測します。
 - ③ この密度が、後作根菜類の商品化率に影響する密度か否かを判断します。
 - ④ ヘイオーツ栽培後の密度が、商品価値に影響しないと判断される時には、根菜類を栽培

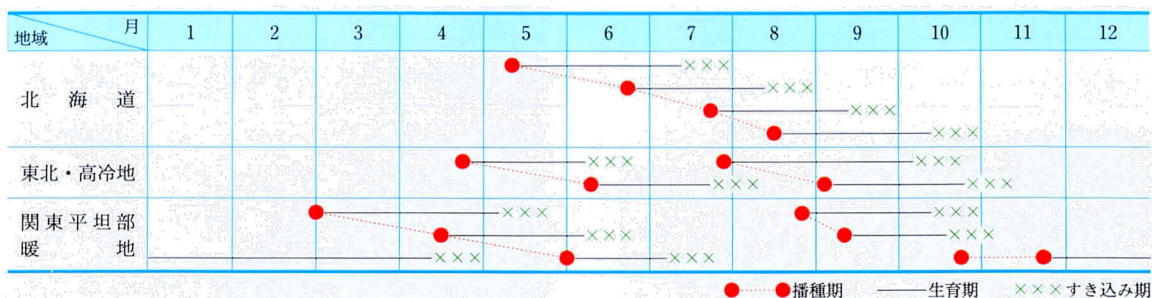


図14 ヘイオーツの緑肥・線虫対抗作物としての栽培時期



写真4 プラウによるヘイオーツのすき込み（腐熟を早めるためには、初回はロータリーよりプラウ耕が望ましい）

します。

- ⑤ 根菜類に被害を与えると予測される密度の場合には、根菜類の栽培を避けるか、殺線虫剤等を併用して根菜類を栽培します。

8 北海道におけるヘイオーツの標準栽培法

以上の試験結果から以下のように要約されます。

1) 播種期

- 春まき：5月上旬～6月中旬
- 夏まき：7月下旬～8月下旬

2) 播種方法

- 播種量は15 kg/10 a、根に寄生した線虫の発育が抑制され線虫密度が低下するため、株が圃場内に均等に分布するように、**散播**を基本とします（写真2）。
- 発芽率を高めるため、適度の水分の圃場に播種し、表層を軽くかくはんして覆土し、必ず

鎮圧します（写真3）。

3) 施肥量

窒素・リン酸・カリ(成分量)：5－5－0～5 kg/10 a を標準とします。

4) 栽培期間

60日（出穂始め）が基本ですが、夏まきでは50日も可能です。その時には草丈60 cm程度を目安とします。

5) すき込み

プラウですき込み（写真4）、その後7～10日毎に2回程度、ロータリー・ハローなどで深めにすき込み、分解を助長します。

以上、ヘイオーツの北海道における事例を述べてきましたが、ヘイオーツは本州においても栽培が増加しておりますので、全国の栽培時期を図14に示します。詳細は最寄りの営業所へお問い合わせ下さい。

おわりに

キタネグサレセンチュウに対するヘイオーツの効果と利用法について述べてきました。線虫による被害は密度により決まりますし、ヘイオーツの利用に当たっても栽培前の密度把握が重要となります。したがって、上に述べた線虫の調査法により、圃場毎の密度を知り、ヘイオーツの効果的な活用をお願い申し上げます。

ヘイオーツの適切な栽培により、被害が回避され、良質、安全な根菜類の生産が達成されるよう願っております。

なお、本試験にあたり無菌のキタネグサレセンチュウの分譲を頂いた、北海道農業試験場線虫研究室の百田洋二室長に深く感謝申し上げます。