



マメ科綠肥作物による ダイズシストセンチュウの防除効果

雪印種苗(株) 北海道研究農場

技術顧問 山田英一

はじめに

ダイズシストセンチュウは北海道・東北などの寒冷地に広く発生し、ダイズ、アズキに被害を与えますが、密度の高い圃場では茎葉が黄化して早期に落葉・枯死するため、莢数も減り、大きく減収します。

本線虫は1952年(昭和27年)、北海道農業試験場



写真1 清水 啓氏(左)、一戸 稔氏(中央)、Dr. Miller(右)ジャガイモシストセンチュウ発生圃場にて(真狩村、1983年9月2日)

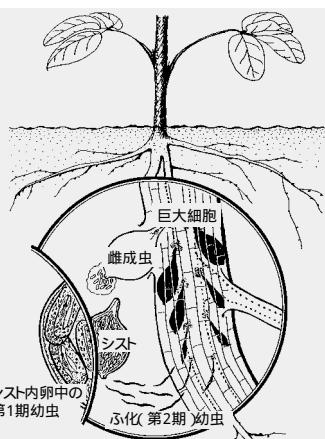


図1 ダイズシストセンチュウの生活環模式図
(西澤務氏 原図)



写真2 わが国で特に被害が問題となるシストセンチュウのシスト
左:ジャガイモシストセンチュウ(*Potato cyst nematode*)
右:ダイズシストセンチュウ(*Soybean cyst nematode*)



写真3 2期幼虫の侵入状況

の一戸稔氏により新種として報告されました。学名は *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 (ヘテロデラ・グリシネス・イチノヘ) です。わが国で命名された数少ない有害線虫の一つです(写真1)。

この線虫の圃場における生活環を簡単に記します(図1)。数百の卵を入れた褐色のシストで土中に越冬します(写真2)。その中の卵は、孵化物質の刺激によりすぐに孵化できる1期幼虫に発育しています。翌春、寄主作物が栽培されると、その根から分泌される孵化促進物質(グリシノエクレピンAなど)の働きにより、シスト内で孵化した2期幼虫が土壤中に遊出し、根に侵入します(写真3)。根内で3期、4期幼虫と肥大を続け、白色の雌成虫となり、根の表面に現われます(写真4)。



写真4 ダイズシストセンチュウ雌成虫



写真5 ダイズシストセンチュウによるダイズの被害圃場
(惠庭市, 水田転換畠, 1983年9月1日)

一部の卵は尾端に形成されるゼラチン質の“卵のう”内に産卵しますが、大部分は自分の体内に産卵します。体皮の色は白色から淡黄色に変わり、やがて褐色のシストになります。シスト内の卵はマメ類を栽培しなくても9年間(乾燥土壤中)生存できることができます実験的に明らかにされています。

このような性質から、輪作の効果も上がりにくく、また、輪作により徐々に密度を低下させても、その高い増殖率により、マメ類の栽培で一気に密度が回復してしまう防除の困難な線虫です。北海道の豆類主産地・十勝地方では昭和初期から被害が問題となり、1980年頃から各地の水田転換畠でも発生してマメ類に被害を与えています(写真5)。

この対策として、ダイズ抵抗性素材の探索と品種育成が1950年以降進められました。その成果の一つとして、北海道立十勝農業試験場が東北在来種「下田不知」(ゲデンシラズ)系の抵抗性を導入して育成した「トヨスズ」(1966年)があり、線虫被害が軽く、生産性が高く、良質なことから、十勝中央部の作付率80% (1980年)に達した品種です。しかし、この地帯で1970年後半頃からこの品種の抵抗性が破られ、黄化症状が見られるようになりました。また、同農試が強度抵抗性とされる



写真6 ダイズシストセンチュウによるアズキの被害
左:健全株, 右:被害株
(惠庭市, 1988年9月7日)

「北京」(ペキン)系の抵抗性因子を導入したわが国唯一の品種「スズヒメ」(1981年)では、抵抗性が破られる現象はおきていませんが、小粒で納豆用のため、栽培が限定されています。また、アズキには本線虫に対する抵抗性品種がなく(写真6)、また、本線虫がアズキ落葉病の感染・発病を助長するという問題もあります。さらに、エダマメには抵抗性を持たない品種が多く、被害が問題となっています。

このような現状から、新たな防除手段が必要と考えられました。

今回、マメ科作物による密度低減効果と実用性について検討しましたので、ここに報告させていただきます。

1 ダイズシストセンチュウ密度低下に有効なマメ科作物の検索

北海道立十勝農業試験場病虫科のダイズシストセンチュウ生息圃場(レース1, 前作ダイズ)から分譲を受けた乾燥土壤1g当たり約25卵が含まれる土壤を1/5,000aポットにつめ、各種作物を5月中旬から約80日間、当研究農場の温室で栽培しました。この線虫は根に侵入した2期幼虫が雌成虫・蔵卵シストに発育することにより密度が高まるため、ここでは雌成虫・シストにまで発育しない作物の選抜を目標としました。その結果、

全ての侵入個体が幼虫態に留まる作物「品種」として、供試したクローバ類5種の全て(アカクローバ「はるかぜ」, クリムソンクローバ「くれない」, ペルシャンクローバ「ブチベリー」, シロク



写真7 ダイズシストセンチュウによる感受性ダイズ「スズマル」の被害症状

(鶴川町, 2000年9月29日)

ローバルナメイ」, アルサイククローバ「テトラ」) の他, アルファルファ「バータス」, クロタラリア・スペクタビリス「ネマキング」, ベキン系抵抗性ダイズ「スズヒメ」が入り, 雌成虫・シストが少ない作物はクロタラリア・ジュンシア「ネマコロリ」0.5% (寄生総数に対する雌成虫・シストの割合, 以下同), ルピナス(ブルールーピン) 1.3%, ベッチ類「まめ助」1.4%, 中程度の作物はセスバニア「田助」(同8.4%) でした。これらに比べて感受性ダイズ及びゲデンシラズ系抵抗性品種「トヨムスメ」では極めて高率(各57.1%, 57.3%) でした。マメ科以外の作物(エンバク野生種「ヘイオーツ」, ギニアグラス「ソイルクリーン」, マリーゴールド「アフリカントール」)についても検討しましたが, これらへの寄生は認められませんでした。収穫後の線虫密度はマメ科作物(ペキン系抵抗性ダイズ「スズヒメ」を含む)の後では極めて低下し, 線虫の寄生しない作物では無栽培と同程度でした。

2 園場における実用性の検討

1) マメ科作物のダイズシストセンチュウ密度低減効果

先のポット試験で密度低下に有効と認めたマメ科作物の中から, 寒冷地の露地栽培で比較的旺盛な生育が期待される作物を選び, 胆振管内鶴川町の園場で検討しました(1区24m² 乱塊法3反復)。供試園場は前作ダイズ「スズマル」の収穫が殆ど皆無状態(写真7)となった, 線虫密度が約100卵/乾土1gの高密度園場です。ここにアカクローバ「はるかぜ」(多年生)3kg/10a, クリムソンクローバ「くれない」(1年生)3kg/10a, ベッチ類「まめ助」(1年生)5kg/10a, 抵抗性ダイズ「スズヒメ」6kg/10aを畦幅20cmの密条播で2000年5月16日から3か月栽培しました。基肥は窒素2:リン酸4:カリ4kg/10a, 6月20日に5:10:5kg/10aの追肥, 8月25日にロータリーハローによるすき込みを行いました。対照には, 本線虫に無作用の作物としてエンバク野生種「ヘイオーツ」15kg/10a(施肥量5:5:5kg/10a)栽培区と線虫増殖作物である感受性ダイズ「スズマル」区を設けました。

写真8には播種2か月目の各作物の生育状況を一括しました。右下の線で囲った「くれない」の写真は, この試験園場に隣接する農家園場のもので, 試験園場よりも早い4月下旬にドリル播きを



アカクローバ「はるかぜ」



クリムソンクローバ「くれない」



ベッチ類「まめ助」



抵抗性ダイズ「スズヒメ」



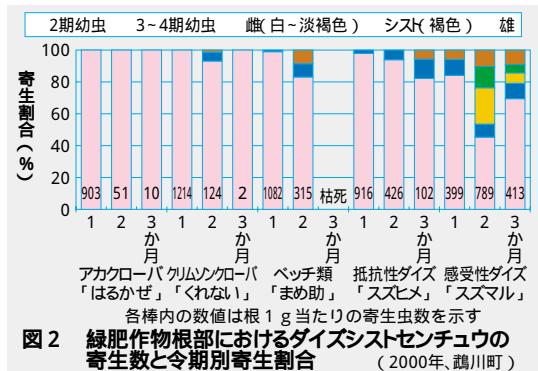
エンバク野生種「ヘイオーツ」



農家園場におけるクリムソンクローバ「くれない」

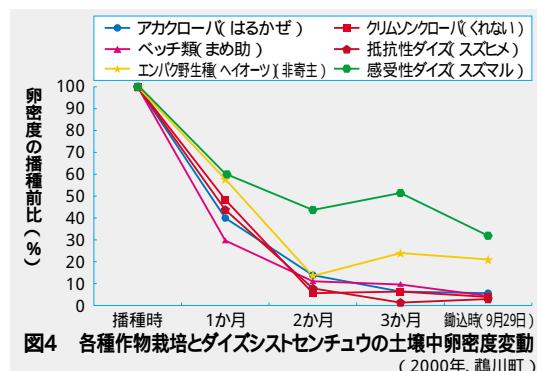
(2001.7.10, 鶴川町)

試験園場, 2か月目の生育 (2000.7.14, 鶴川町)
写真8 緑肥作物の生育状況



行った7月10日の生育状況です。多くの雑草(ツメクサ類とタデ類が主体)の中でも良好に生育していました。

図2には播種から1ヶ月毎に調べた各作物の根に寄生する線虫を令期別に示しました。各作物ともに多くの線虫が寄生しましたが、感受性ダイズ「スズマル」では、播種2ヶ月目に雌成虫・シストが高率に見られたのに対して、「はるかぜ」、「くれない」、抵抗性品種「スズヒメ」では雌成虫・シストは皆無、「まめ助」では極少数(雌成虫・シスト率0.3%)でした。図3には土壤中の2期幼虫と卵密度の推移を示しました。マメ科作物の全てに播種1ヶ月目に2期幼虫の山(赤線)が見られます。これは、これら作物の根から分泌される孵化促進物質の働きによると考えられます。



促進物質の働きによると考えられます。これらの作物では、根に侵入した幼虫が幼虫態で死滅するため、土壤中の密度(卵数)(青線)は低下を続け、最終密度は5卵程度になりました。一方、孵化促進作用を持たない「ヘイオーツ」では2期幼虫の山は見られず、最終調査時の卵密度は約30卵でした。感受性ダイズ「スズマル」では初期密度が高かったため、多くの幼虫寄生と、その後の順調な発育により、ダイズの生育は極めて抑制され(10a当たり子実重25kg)、収穫後の密度は播種前よりも低下しました。図4には播種時の密度を100とした時の各作物の密度変動を比較しましたが、マメ科作物では播種時の5%程度に低下しています。

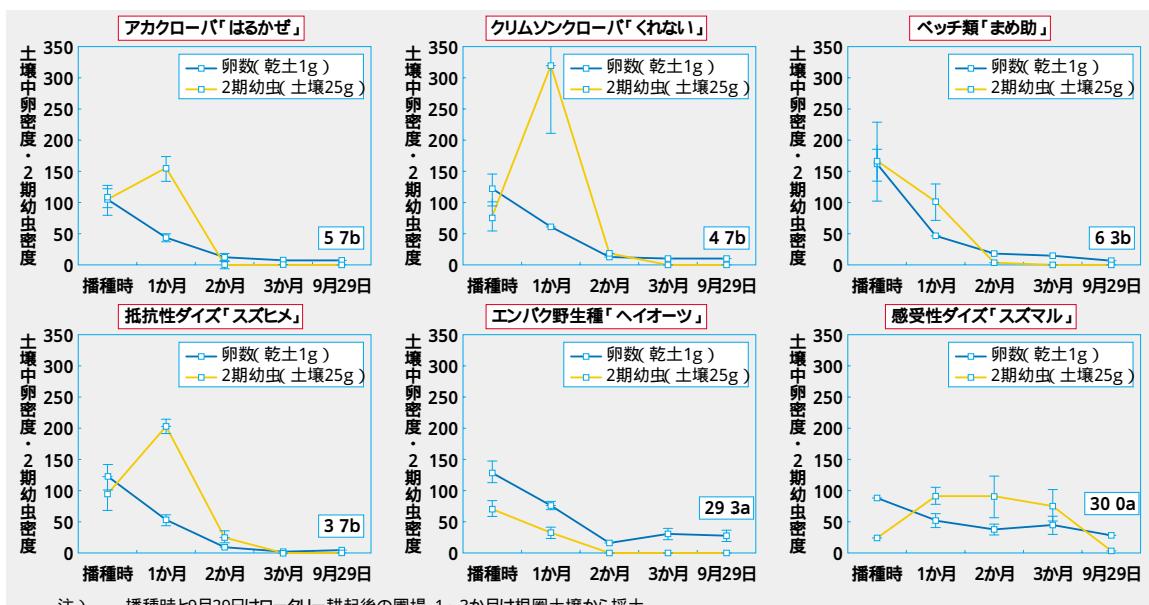


図3 緑肥作物栽培圃場におけるダイズシストセンチュウの消長

(2000年、鶴川町)

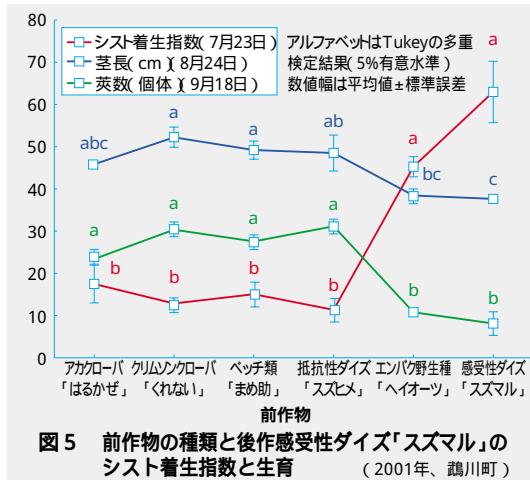


図5 前作物の種類と後作感受性ダイズ「スズマル」の

(2001年、鶴川町)

2) 後作ダイズの生育・収量

前年に緑肥作物を栽培した区を2等分し、2001年5月15日に感受性ダイズ「スズマル」、抵抗性ダイズ「スズヒメ」各4畝を総合施肥播種機により、畦幅66cm、株間11cmの2粒播きで栽培しました。施肥量はN:P:K=18:13.2:9.0kg/10a。1区12m³、乱塊法3反復。

感受性ダイズ「スズマル」(図5, 6)

雌成虫の最盛期と考えられる7月23日に各区10個体を掘り取り、根に見られる雌成虫・シストの着生度を次の基準にあてはめて判定し、これからシスト着生指数(雌成虫が多い時期ですが、便宜上 雌成虫とシストを合わせてシストとしました。以下同)を算出しました。シスト着生度(階級値)は0:なし、1:わずか、2:中程度(散見)、3:

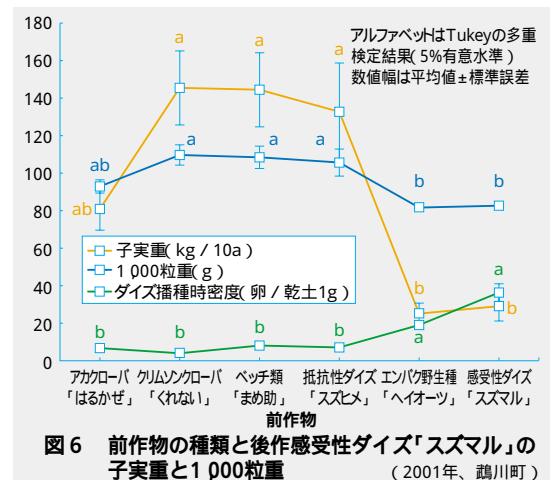


図6 前作物の種類と後作感受性ダイズ「スズマル」の

(2001年、鶴川町)

多数、4:甚多(密集)の5段階とし、シスト着生指数 = [(階級値 × 当該個体数) / (調査個体数 × 4)] × 100で算出しました。この値はマメ科4作物の後作では10~15の範囲にあり、「スズマル」連作区の60及び「ヘイオーツ」後の45よりも明らかに低い値が示されました(図5)。

ダイズの生育を見ると、マメ科4作物後作の茎長(8月24日)、莢数(9月18日)は「スズマル」連作区及び「ヘイオーツ」後作区よりも有意に高く(図5)、子実重(10月15日)(図6)は「スズマル」連作区及び「ヘイオーツ」後作区の20~30kg/10aに比して「くれない」「まめ助」及び「スズヒメ」後作では130~140kg/10aが得られました。なお、「はるかぜ」の線虫密度低下率は上記3作物と同等でしたが、子実重は約80kg/



抵抗性ダイズ「スズヒメ」の後作

エンパク野生種「ヘイオーツ」の後作

感受性ダイズ「スズマル」の後作

それぞれの写真の 左:感受性ダイズ「スズマル」 右:抵抗性ダイズ「スズヒメ」
写真9 前作の緑肥作物と後作ダイズの症状 (2001.8.24, 鶴川町)

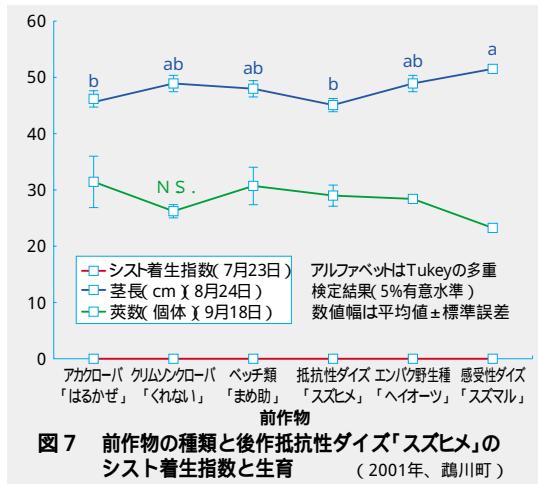


図7 前作物の種類と後作抵抗性ダイズ「スズヒメ」のシスト着生指数と生育 (2001年、鶴川町)

10aと他の作物区よりも低収でした。これは栽培期間中の生育量が他の作物よりも少ないとが一因と考えられます。写真9には8月24日の生育状況を示しました。「スズマル」後作では黄化が激しく、生育も極めて劣り、「ヘイオーツ」後作でも黄化が進んでいますが、マメ科後作の各区では黄化はほとんど認められず、健全に生育していました。ただし、「はるかぜ」後作区では畦間が他のマメ科作物区より広く開いており、やや生育が劣っている様子が見られます。

ダイズ収穫後の線虫密度は各区とも約100卵近くと、マメ科綠肥作物栽培前の密度に回復したことから、効果は1作のみに限定されます。

抵抗性ダイズ「スズヒメ」(図7, 8)

7月23日の個体当たり寄生数は「スズマル」とほぼ同等でしたが、雌成虫・シストの着生は各区ともに全く認められず(図7)、収穫後の線虫密度は0近くにまで低下しました。

播種時の線虫密度は「スズマル」連作区及び

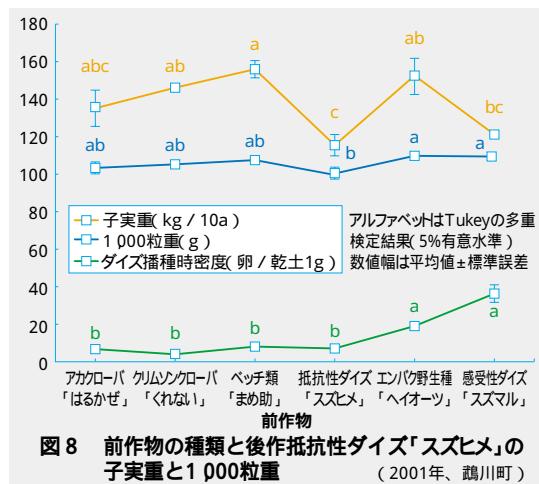


図8 前作物の種類と後作抵抗性ダイズ「スズヒメ」の子実重と1000粒重 (2001年、鶴川町)

「ヘイオーツ」後作区で高く、寄生量も多かったのですが、雌成虫に達する個体がないため、ダイズの生育に及ぼす影響は少なく、茎長や莢数は他のマメ科綠肥区と同等でした(図7)。試験区の子実重は120~160kg/10aの範囲にあり、「スズマル」よりも線虫の影響を受けにくいことが示されました。これらの中で抵抗性ダイズ「スズヒメ」連作区の子実重が最も低く、抵抗性品種でも連作を避けるべきことが示されました(図8)。

3 対抗植物の栽培時期と生育量

上の試験で、「くれない」または「まめ助」の春まき2~3か月栽培により、実用性が認められましたが、ここでは播種時期と生育量の違いを検討しました。北海道の導入可能な時期として秋播小麥の播種前、あるいは収穫後が考えられますので、この時期に栽培した「くれない」と「まめ助」の生育を比較しました。

1) 「くれない」と「まめ助」の交互作試験

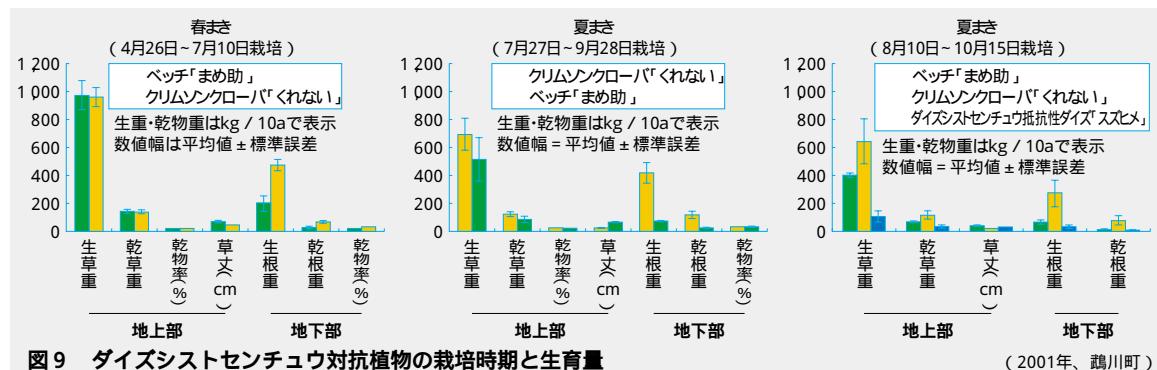


図9 ダイズシストセンチュウ対抗植物の栽培時期と生育量

栽培期間を約2か月とし、春まき区（4月26日～7月10日栽培）と夏まき区（7月23日～9月23日栽培）を設け、「くれない」と「まめ助」を交互に栽培しました。春まき試験は前作がクローバの圃場に肥料（N 5 : P 25 : K 15 : Mg 5 kg / 10 a）の全面散布後に「くれない」2 kg / 10 a、「まめ助」5 kg / 10 aを散播、レーキで覆土後に鎮圧しました。前作がクローバのため、播種前密度は20卵 / 乾土 1 g程度でしたが、「くれない」「まめ助」の栽培により、殆ど0近くまで低下しました。生育を比較しますと、「くれない」「まめ助」とともに約1 t / 10 aの生草重が得られ、根重は「くれない」が「まめ助」の2倍程度と勝りました（図9）。

夏まき試験では、草重は「くれない」が「まめ助」にやや勝り、根重は「くれない」が大きく勝りました（図9）。

2) 小麦後作への導入試験

秋播小麦の後作を想定して、4月26日～7月10日まで小麦の代りに「ヘイオーツ」を栽培し、後作として「くれない」、「まめ助」、抵抗性ダイズ「スズヒメ」を8月10日～10月15日まで栽培しました。生育を見ると、草重、根重ともに「くれない」が「まめ助」に勝り、「スズヒメ」の生育は極めて劣りました（図9）。なお、この試験区の初期密度が極めて低かったため、線虫密度抑制効果は判定できませんでした。

以上、栽培時期を変えて「くれない」と「まめ助」の生育を比較すると、全般的に「くれない」の生育が勝り、また、根重が顕著に勝ることから、ダイズシストセンチュウの対抗植物としての適応性は「くれない」が勝ると考えられます。

4 結果の要約と栽培上の留意点

1) ダイズシストセンチュウ発生圃場にクリムソンクローバ「くれない」またはベッチ類「まめ助」を春まきで2～3か月栽培すると、線虫密度は播種前の5%程度まで低下し、後作ダイズの生育・収量は回復し、実用性が認められました。なお、夏まき栽培による線虫抑制効果は、今後検討する予定です。

2) これらの導入時期として、秋播小麦の前作（春まき）または収穫後への導入（夏まき）の可能性

が考えられます。そこで「くれない」と「まめ助」の播種時期別の生育を比較しますと、春まきでは「くれない」と「まめ助」の生育は同等ですが、播種時期が遅れるにつれて「くれない」の生育が勝る傾向が示され、特に「くれない」では根重が高いことから、ダイズシストセンチュウの防除には「くれない」の適応性が高いと考えられます。

3) 「くれない」、「まめ助」はともに雑草に弱いので、雑草の多発する春まきでは出来るだけ早く（雑草発生前）播種します。

4) 「くれない」、「まめ助」の後作に感受性ダイズを1作すると、元の密度に復元しますので、効果は1作が限度です。

5) 「くれない」、「まめ助」とともにキタネグサレセンチュウの密度を高めます。

6) したがって、これらの導入に当たっては生息する線虫の種類と密度を調べ、輪作体系の中で後作豆類にダイズシストセンチュウの被害が予測される場合には「くれない」、「まめ助」で密度を低下させ、キタネグサレセンチュウの被害が問題となる作物（根菜類など）の場合には「ヘイオーツ」で密度低減を図ります。

7) 抵抗性ダイズの連作で収量が低下したことから、抵抗性品種と言えども連作を避け、輪作を心がけます。

5 対抗植物の標準栽培法

播種量は「くれない」2～3 kg / 10 a、「まめ助」5 kg / 10 aとします。

播種は散播（プロードキャスターなど）、または畦幅20cm程度の密条播（ドリル播など）とします。

発芽を高めるため、必ず覆土・鎮圧を行います。

施肥量はダイズシストセンチュウの寄生により生育が抑制されますので、N : 5, P : 5, K : 5 kg / 10 a程度を施用します。

おわりに当たり、ポット試験の土壤を分譲頂いた北海道立十勝農業試験場病虫科各位、試験圃場選定及び試験実施にご協力を頂いた東胆振地区農業改良普及センターの寺島孝専門普及員、試験圃場を提供頂いた勇払郡鶴川町宮戸 菅野満治氏に心から感謝を申し上げます。