

アスパラガス連作障害におけるアレロパシー回避のための活性炭の利用

元木 悟^{1*}・西原英治²・北澤裕明³・平舘俊太郎⁴・藤井義晴⁴・篠原 温⁵¹長野県野菜花き試験場 381-1211 長野市松代町大室 2206²新潟県農業総合研究所園芸研究センター 957-0111 新潟県北蒲原郡聖籠町大字真野 177³鳥取大学大学院連合農学研究科 680-8553 鳥取市湖山町南 4-101⁴独立行政法人農業環境技術研究所 305-8604 つくば市観音台 3-1-3⁵千葉大学園芸学部 271-8510 松戸市松戸 648Activated Carbon Utilization to Reduce Allelopathy that Obstructs the Continuous Cropping of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.)Satoru Motoki^{1*}, Eiji Nishihara², Hiroaki Kitazawa³,
Syuntaro Hiradate⁴, Yoshiharu Fujii⁴ and Yutaka Shinohara⁵¹Nagano Vegetable and Ornamental Crops Experiment Station, 2206 Omuro, Matsushiro, Nagano, 381-1211²Niigata Agricultural Research Institute, Horticultural Research Center, 177 Mano, Seiro, Niigata, 957-0111³United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University, 4-101 Koyama-minami, Tottori, 680-8553⁴National Institute of Agro-environmental Sciences, 3-1-3 Kan-nondai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8604⁵Chiba University, 648 Matsudo, Matsudo City, Chiba, 271-8510

Abstract

The growth-inhibitory activities of allelopathy in asparagus (*Asparagus officinalis* L.) was studied using the 'Plant Box Method' of bioassay. By this methods we confirmed that asparagus produced allelochemical substances. Then we developed a modified plant box method to examine the relationship between the growth-inhibitory activity and the adsorption of materials to allelochemical substances from asparagus. As a result, a type of activated carbon has the ability to absorb the allelochemical substances and prevent the growth inhibition of lettuce, an assay plant. Furthermore, in a field replanted with asparagus, treatment with activated carbon increased the fresh weights of rhizomes and storage roots, as well as the number of storage roots, the growth amount, and the growth index (GI'), when compared to those of asparagus grown on non-treated plots.

Key Words : local adaptability, modified plant box method, plant box method

キーワード : 現地適応性, 改良プラントボックス法, プラントボックス法

緒 言

ユリ科の多年性作物であるアスパラガス (*Asparagus officinalis* L.) は改植時の連作障害が生産現場で大きな問題になっており (元木, 2002; 土屋, 1989; 上杉ら, 1997), その生育不良の一つの要因として, 根から滲出するアレロパシー物質が関与している可能性がある (元木ら, 2006). アレロパシーは, 作物の生育阻害や果樹などの永年性作物の連作障害の原因の一つと考えられている. しかし, アレロパシーは, 光や水, 栄養素の競合や, 物理的あるいは生物的相互作用との識別が難しいため (藤井, 1994), 本現象を

的確に評価し, 実際の農業に役立てた研究は極めて少ない.

近年, 寒天中に植物を混植し, 生きている植物の根から滲出する物質によるアレロパシーを特異的に検出するプラントボックス法 (藤井・澁谷, 1992) が開発された. 本手法は, アレロパシー候補植物の検索とそのアレロパシー活性の評価および作用物質の実証の点で画期的であり, 本法によりすでに 500 種 2,000 系統以上の植物のアレロパシーが評価されている (藤井, 1994, 2000; 服部ら, 2004).

本研究では, アスパラガス生育阻害へのアレロパシー物質の関与を明らかにするため, プラントボックス法を用いてアスパラガスのアレロパシー活性を評価した. 加えて, アスパラガスのアレロパシー活性と吸着資材の評価を同時にできる改良プラントボックス法を開発して, アレロパシー物質の吸着性能が優れる資材を検討した. 本手法は検定する植物と影響を受ける植物との間に仕切りを作り, そこにアレロパシー物質を吸着する被検資材の層を設け, 被

2006年1月13日 受付. 2006年4月24日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成14年秋季大会および平成15年秋季大会で発表した.

* Corresponding author. E-mail: yasayaka@dia.janis.or.jp

検資材のアレロパシー物質吸着性能を評価するものである。また、本研究では本手法で選ばれた、アスパラガスのアレロパシー物質の吸着性能に優れた活性炭を使い、実際のアスパラガスの生産圃場でのアレロパシー回避技術を検討したので報告する。

材料および方法

1. プラントボックス法によるアスパラガスのアレロパシー物質の評価

アスパラガスの‘UC157F₁’ (日本名: ウェルカム) を7.5 cmの黒ポリ鉢 (培地は5 mmの篩いにかけて鬼怒川の川砂) に播種し、服部らの方法 (2004) に準じて、農業環境技術研究所内のガラス自然光温室で栽培した。施肥は500倍に薄めた液肥 (N : P₂O₅ : K₂O = 0.05 : 0.11 : 0.05 mg/L, ハイポネックスジャパン社製) を1週間に1回10 mm/鉢程度施用した。試験にはアスパラガスの茎数が移植適期の3~4本になるまで (播種後約58日) 栽培し、それ以降、地下部の乾物重が50~600 mg/株程度で地上部をつけたままの株を用いた。供試材料は、水洗いの際に根が傷つき体内物質が滲出することを防ぐため、静水中で丁寧に洗浄した後根を蒸留水で軽く洗い流し、供試するまでペーパータオル (クレシア社製) で包み、蒸留水でしめらせた。

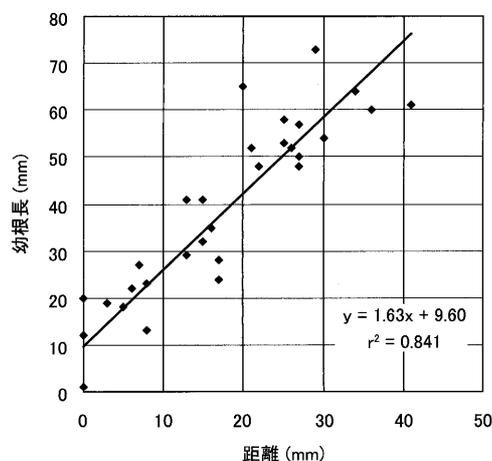
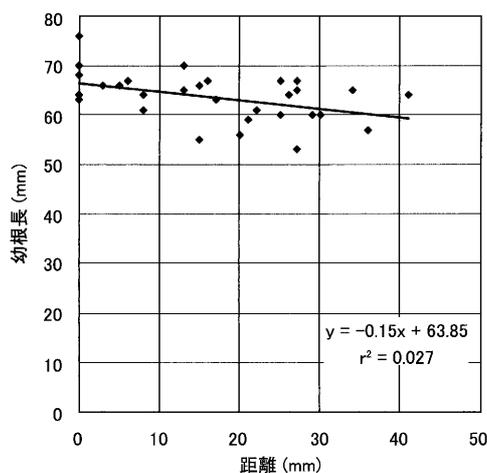
播種後58日、79日、99日、107日および114日 (莖葉黄化期) に、1株のアスパラガスの根を上述のように水洗いして、側部にセルロース透析膜を張った直径32 mmの筒に入れ、組織培養用プラントボックス (65×65×100 mm, Magenta社製) の片隅に設置し、そのプラントボックスを氷の入ったプラスチック容器 (35×25×15 cm) の中においた。そして、40~45°Cに調整した0.75% (W/V) 低温ゲル化寒天 (ゲル化温度30~31°C, ナカライテックス社製) をプラントボックス内に満たし、直ちに氷水で急冷して、寒天溶液を固化させた。10 mm間隔の寒天上の格子点の位置に、一般的にアレロパシー活性の有無の検定に用いられ

ているキク科レタス (*Lactuca sativa* L.) の‘Great Lakes 366’を、発根部位 (先尖部位) を下にして穿刺播種した。プラントボックス内に播種したレタスの種子数は33粒 (うち、供試材料を入れた筒内に4粒) とした。また、対照区はプラントボックスに寒天のみを添加後、上記と同様にレタスを穿刺播種した。そして、プラントボックスは、遮光のため根の部分を黒ポリ鉢で包み、蒸発を防ぐために上部を食品包装用ポリエチレンフィルム (旭化成ライフ&リビング社製) で覆った。その後、温度勾配恒温機 (BITEC-500L, 12時間日長, 昼夜温25/20°C, 照度3,000 lx, 島津製作所社製) で5日間レタスを発芽・生育させた。調査は、アスパラガスのアレロパシー物質によるレタスの生育阻害をみるために、プラントボックス内に播種したすべてのレタスの幼根長、下胚軸長およびアスパラガスの草丈、地下部の生体重を測定し、乾燥器 (DK83, ヤマト化学社製) を用いて、2日間60°Cで通風乾燥させた後、アスパラガスの地下部の乾物重を測定した。試験は、3区制で行った。

プラントボックス法において、レタスの生育に対するアスパラガスのアレロパシー物質の関与の有無は、藤井らのアレロパシー物質検定法 (藤井, 1994, 2000) に準じた。つまり、セルロース透析膜を張った筒とレタスの穿刺種子までの距離をX軸に、レタスの幼根長をY軸としたグラフを作成し、一次回帰式を求めた (第1図)。この直線の傾きおよび筒とレタス種子までの距離0 mm地点のレタスの幼根長から根阻害率 (%、これをアレロパシー活性とする) を求め、その阻害の程度を比較した。

2. 改良プラントボックス法による活性炭のアスパラガスのアレロパシー物質吸着性能の評価

改良プラントボックスには、アクリル製の透明容器 (40×160×100 mm, 容積600 mL, 試験水量400 mL) を用い、被検資材の層を作るためのセルロース透析膜を張った枠 (40×10×100 mm, 枠内は28×10×90 mm) に被検資材を充填し、枠により仕切られた部分 (40×30×100 mm) に、



第1図 プラントボックス法によるレタス幼根の伸長
左: 対照区, 右: 処理区 (アスパラガス)

試験1と同様に栽培した播種後85~115日のアスパラガスを入れた。供試資材としては、材料、粒度およびpHが異なる粒状活性炭として、活性炭a(枠内重量13.9g, pH6.8), 活性炭b(同17.3g, pH10.2), 活性炭c(18.1g, pH6.5)および活性炭d(19.1g, pH7.0)(以上、味の素ファインテクノ社製)と活性炭e(15.1g, pH7.3, 武田薬品工業社製), 炭化物資材として、ヤシ殻炭(20.3g)と木質炭(8.0g), さらにガラスビーズ(GSB-03, 59.2g, 日本理化学器械社製)の8種類を用い、そのほかに枠に資材を入れない無処理区と寒天のみの対照区を設けた。そして、被検資材を挟んで、アスパラガスの反対側にはレタスを穿刺播種し、対照区に対するレタスの生育阻害率を調査することにより被検資材のアレロパシー物質の吸着性能を評価した。改良プラントボックス内に播種したレタスの種子数は52粒(うち供試材料を入れた部分には4粒)とした。その他については試験1のプラントボックス法に準じた。

3. アスパラガス改植圃場における粒状活性炭の施用効果および量の検討

長野県野菜試験場のアスパラガス露地長期どり栽培の6年株改植圃場(沖積堆積土, 腐植含量3.1%)を利用して、試験2でアスパラガスのアレロパシー物質の吸着性能が優れた活性炭aを用い、圃場レベルで粒状活性炭の施用効果および量を検討した。2001年6月12日に6年株の春どりを打ち切った後、根株すべてを乗用トラクターで圃場にすき込み、活性炭aを全面散布し、カルチで耕起後にマルチをした。改植のアスパラガスは、2001年3月17日に‘UC157F₁’(日本名:ウェルカム)を136セルトレイに播種した苗を用い、改植当日の6月12日に改植前と同じ位置に定植した。施肥、誘引など栽培管理は当場の慣行(元木ら, 2004)に準じた。試験区は活性炭aを40, 80, 120および240kg/10a散布した4処理区と無処理区を設け、いずれも1区10株(4.5m²)の2区制とした。調査は、2001年11月22日に地上部の茎数、草丈、最大茎径および茎重、12月3日の抜根後に地下部の貯蔵根数、地下部重および貯蔵根Brix値について行った。このうち、地上部の生育量を評価する指標であるGI¹(生育指数)(元木, 2003)は、地際から20cm部分の茎断面積と有効草丈(群として茎葉容積の95%の高さ)との積を調査株数で割った値で示した。貯蔵根のBrix

値は、地下茎より5~10cmの部分の貯蔵根を搾汁して屈折糖度計(ATAGO社製)で計測した。株養成量は、(地下部重×貯蔵根Brix)/100で求めた。

4. アスパラガス改植圃場における粒状活性炭の施用効果に関する現地適応性試験

試験は、長野県中野市平岡の露地栽培の15年株改植圃場で行った。前作のアスパラガスを抜根した後、試験3の結果をもとに、2000年6月4日に活性炭aを120kg/10a全面散布し、カルチで耕起後にマルチをした。比較対照区として、活性炭フロアブル剤(大塚化学社製)の散水処理区を設け、既報(Motokiら, 2002)に準じ、25倍希釈液を動力噴霧器を用いてかん水用ノズルで400L/10a(原液使用量は16L/10a)散水した。本試験で用いたアスパラガスは、2000年3月にJA中野市の種苗センターで‘UC157F₁’を128穴のセルトレイに播種した苗を用い、活性炭処理3日後の2000年6月7日に定植した。施肥、誘引など栽培管理は現地の慣行に準じた。試験区は、活性炭a処理区、活性炭フロアブル剤散水処理区および無処理区を設け、処理面積は1区126m²とした。生育調査は2000年11月20日に1年養成株で行い、地上部が1区5株の3区制、地下部が1区3株の3区制とした。収量調査は1区10株の2区制で行い、2年株の2001年5月18日、3年株の2002年4月26日に収穫した若茎のすべての茎径を測定し、収量優劣推定プログラム(元木ら, 2005)を用いて収量を推定した。本試験はJA中野市、長野経済連(現JA全農長野)北信事業所、北信農業改良普及センターの協力を得て進めた。

結果および考察

1. プラントボックス法によるアスパラガスのアレロパシー物質の評価

プラントボックス法では、アスパラガスの根からの距離が近いほど、レタス幼根の伸長が阻害された(第1図)。この時のアスパラガスからの距離をX軸に、レタスの幼根長をY軸にとると、 $Y = 1.63X + 9.60$, $r^2 = 0.841$ の正の傾きを持つ回帰式が得られ、アスパラガスの根近辺ではレタスの幼根は8~10mm程度しか伸長せず、アスパラガスの根からはレタス幼根の伸長を阻害するアレロパシー物質が滲出していると考えられた。レタスの根阻害率は87.1~75.3%

第1表 プラントボックス法によるアスパラガスのアレロパシー物質の評価

調査時期	レタス		アスパラガス	
	根阻害率 ² (%)	下胚軸阻害率(%)	地下部乾物重(mg)	草丈(cm)
播種後 58日	80.9** ± 4.2 ³	80.2 ± 2.2	50 ± 11	18.0 ± 1.2
播種後 79日	75.3** ± 5.1	74.8 ± 2.0	347 ± 13	26.0 ± 4.6
播種後 99日	87.1*** ± 4.4	88.8 ± 3.1	590 ± 115	36.0 ± 1.2
播種後 107日	84.7** ± 3.6	82.9 ± 2.7	430 ± 35	34.0 ± 1.7
播種後 114日	78.7** ± 0.6	89.3 ± 2.6	465 ± 3	30.0 ± 0.3

²阻害の尺度は藤井(2003)に準じ、それぞれの対照区に対する生育阻害率を示し、*** 85%以上の阻害, ** 70~84%の阻害, * 55~69%の阻害とした

³±は標準誤差(n=3)を表す

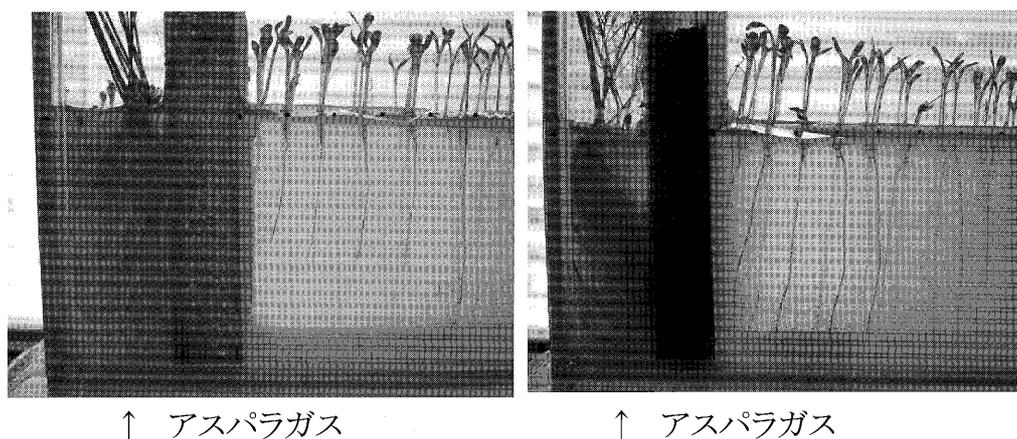
の範囲, 下胚軸阻害率は 74.8 ~ 89.3% の範囲, アスパラガスの地下部の乾物重および草丈は, 生育に伴ってそれぞれ 50 ~ 590 mg, 18.0 ~ 36.0 cm であり (第 1 表), 茎葉緑色時 (播種後 58 ~ 107 日) から茎葉黄化期 (同 114 日) まで, いずれもアレロパシー活性が強かった. 服部ら (2004) は, プラントボックス法を用いて雑草 141 種のアレロパシー活性を評価し, レタスの根阻害率が 80% 以上を示すものは 31 種 (全体の 22.0%) であると報告した. また, 藤井 (2003) もアレロパシー活性が最も強いとされるハッシュウマメ (*Mucuna pruriens* var. *utilis*) の根阻害率は 87%, ヘアリーベッチ (*Vicia villosa* Roth) は 80% であると報告していることから, アスパラガスはアレロパシー活性が強い作物に分類された.

2. 改良プラントボックス法による活性炭のアスパラガスのアレロパシー物質吸着性能の評価

無処理区のレタス幼根の伸長は, プラントボックス法と同様, アスパラガスの根からの距離が近いほど阻害された (第 2 図). 枠にガラスビーズを入れた場合では, レタスの根阻害率は 78.2% であり, 無処理と同様の傾向であった (第 2 表). この結果から, アスパラガスのアレロパシー物

質は寒天ゲル中を拡散する際に, ガラスビーズの影響を受けにくいと考えられた. これに対して, 枠に活性炭を充填した場合は, 活性炭 b を除き, いずれもアスパラガスのアレロパシーを軽減し, 対照区に対するレタスの根阻害率は, 軽減の大きい順に, 活性炭 a (11.2%), 活性炭 e (12.4%), 活性炭 c (18.5%), 活性炭 d (34.3%) であった (第 2 表). 活性炭 b の吸着性能が劣ったのは, 製品の pH が高いためと考えられ, 活性炭 b を塩酸 (35% HCl) およびリン酸 (75% H_3PO_4) で中和して吸着性能を検討した結果, 吸着性能は回復した (元木・藤井, 2002). また, ヤシ殻炭は 40.4%, 木質炭は 43.3% の根阻害率であり, 粒状活性炭にはやや劣るが, これら炭化物資材も無処理区に比べてアレロパシーを軽減した. これらのことから, アスパラガスの根からのアレロパシーは, 粒状活性炭および炭化物に吸着される物質により引き起こされると考えられた. したがって, 特にレタスの根阻害率が低かった活性炭 a の利用により, アスパラガスのアレロパシーを回避できると考えられた.

また, 本改良プラントボックス法により, アレロパシーによる生育阻害とアレロパシー物質の吸着資材の評価を同時に行うことが可能になり, アレロパシー物質の吸着資材



第 2 図 改良プラントボックス法によるアスパラガスのアレロパシー物質の吸着 (左: ガラスビーズ, 右: 粒状活性炭)
左はレタスの幼根伸長の阻害がみられる

第 2 表 改良プラントボックス法による活性炭のアスパラガスのアレロパシー物質吸着性能の評価

供試資材	レタス		アスパラガス	
	根阻害率 ^a (%)	下胚軸阻害率 (%)	地下部乾物重 (mg)	草丈 (cm)
無処理	91.1*** ± 0.1 ^b	89.6 ± 3.2	1025 ± 95	38.0 ± 0.0
ガラスビーズ	78.2**	86.1	940	31.0
活性炭 a	11.2 ± 0.2	19.0 ± 0.5	1185 ± 228	37.0 ± 1.0
活性炭 b	99.3***	95.7	890	34.0
活性炭 c	18.5 ± 5.6	17.9 ± 4.6	977 ± 158	34.3 ± 0.9
活性炭 d	34.3 ± 4.4	34.9 ± 2.1	670 ± 23	32.0 ± 3.1
活性炭 e	12.4 ± 0.6	15.5 ± 1.3	660 ± 145	37.0 ± 2.5
ヤシ殻炭	40.4 ± 3.1	40.9 ± 1.8	888 ± 101	35.3 ± 6.3
木質炭	43.3 ± 6.4	42.0 ± 4.0	768 ± 297	34.7 ± 0.3

^a 阻害の尺度は藤井 (2003) に準じ, それぞれの対照区に対する生育阻害率を示し, *** 85% 以上の阻害, ** 70 ~ 84% の阻害, * 55 ~ 69% の阻害とした

^b ± は標準誤差 (n=3) を表す

を用いたアレロパシーの回避技術を、実験室でレベルで評価することが可能になった。

3. アスパラガス改植圃場における粒状活性炭の施用効果および量の検討

活性炭 a 処理区では、無処理区に対して貯蔵根数および地下部重がそれぞれ 106 ~ 135%, 132 ~ 171% となり、特に 120 ~ 240 kg・10 a⁻¹ の施用量で、収量予測の指標である株養成量 (元木, 2003) および GI' (元木, 2003; 園田ら, 2003) が優れていた (第 3 表)。これらのことから、活性炭 a の施用はアスパラガスのアレロパシーを回避できる効果があり、特に 120 ~ 240 kg・10 a⁻¹ を施用した場合には高い効果が期待できると考えられた。

4. アスパラガス改植圃場における粒状活性炭の施用効果に関する現地適応性試験

活性炭 a 処理区では、無処理区に対して貯蔵根数および地下部重がそれぞれ 206%, 145% で有意に高く、試験 3 と同様、収量予測の指標である株養成量および GI' が優れた (第 4 表)。また、2 年株および 3 年株の春どりの収量推定の

結果、活性炭 a 処理区では無処理区に対してそれぞれ 165%, 124% 増収し (第 5 表)、改植時における活性炭 a の処理は翌年以降のアスパラガスの収量にも影響すると考えられた。

これまで、アレロパシーを活性炭により制御する研究は、キュウリ、花卉、葉菜類およびサトイモの水耕栽培で報告があるが (浅尾ら, 1998, 2001a, 2001b; Asao ら, 2003)、土耕栽培ではほとんど研究されておらず、アスパラガスを除き、生産現場で連作障害に活性炭が利用されている例は無い。

これまでのアスパラガスの連作障害におけるアレロパシー回避技術としては、まず光や水、栄養素の競合、土壤病害虫の集積、養分の偏りや pH の異常、さらに腐植質の不足、土壤硬度の上昇、耕盤の発生といった土壤理化学的の悪化など、アレロパシー物質以外の生育不良や減収要因を排除し、アレロパシー物質の関与が考えられる場合に耕種の防除 (上杉ら, 1997) を併用し、活性炭などの吸着資材の中からアレロパシー物質を特異的に吸着する資材を選

第 3 表 改植圃場における活性炭の施用量がアスパラガスに及ぼす影響

処理区	茎数 (本)	草丈 (cm)	最大茎径 (mm)	茎重 (g)	貯蔵根数 (本)	地下部重 (g)	貯蔵根 Brix (%)	株養成量 ^x	GI'
0 kg ^z	33.7	117.9	6.4	172	237.7	536.0 b ^y	22.4	120	1232
40 kg	36.8	117.8	7.0	265	265.6	709.5 b	24.4	173	1822
80 kg	31.1	125.0	8.2	193	252.8	704.5 b	20.6	145	1434
120 kg	38.8	126.4	7.8	390	293.6	863.0 b	24.4	211	2536
240 kg	34.9	129.0	7.4	363	320.5	918.0 a	22.8	209	2103

^z 活性炭無散布

^y 異なる小文字間には Tukey の検定により処理間で 5% 水準の有意差がある

^x (地下部重) × 貯蔵根 Brix/100

第 4 表 活性炭が改植圃場のアスパラガスの生育に及ぼす影響

活性炭資材名	草丈 (cm)	茎数 (本)	鱗芽群数 (群)	貯蔵根数 (本)	地下部重 (g)	貯蔵根 Brix (%)	株養成量 ^y	GI'
無処理	95	14.6 b ^z	6.0 b	178.6 c	619.6 b	19.4	120 b	927
活性炭 a	110	29.4 a	8.4 a	355.4 a	905.4 a	20.3	172 a	1773
フロアブル	100	18.4 b	7.0 ab	268.4 b	900.4 a	18.2	164 a	1274

^z 異なる小文字間には Tukey の検定により処理間で 5% 水準の有意差がある

^y (地下部重) × 貯蔵根 Brix/100

第 5 表 活性炭が改植圃場のアスパラガスの 2 年株および 3 年株の春どりに及ぼす影響

活性炭資材名	収穫茎数 (本/株 ⁻¹)	収量 (kg・10 a ⁻¹)	規格別本数割合 (%)				平均茎径 (mm)
			40 g<	15 g<39 g	10 g<14 g	<10 g, 奇形	
(2 年株)							
無処理	39	170	2.6	56.4	15.4	25.6	9.7
活性炭 a	73	280	0.0	45.2	19.2	35.6	8.7
フロアブル	49	240	2.0	63.3	28.6	6.1	11.2
(3 年株)							
無処理	68	630	42.6	50.0	4.4	2.9	17.0
活性炭 a	102	781	30.4	65.7	2.9	1.0	16.2
フロアブル	87	713	28.7	52.9	11.5	6.9	15.5

び、処理方法や施用量、その効果の持続性を検討し、現地実証を経て、数年かけてようやく普及に移している。全国的に普及している活性炭フロアブル剤 (Motoki ら, 2002) でも、普及に至るまでに3~5年の年月を要した。

本試験では、アスパラガスのアレロパシー活性と吸着資材の評価を同時にできる改良プラントボックス法を開発し、アレロパシー物質の吸着性能が優れる資材を生産現場に普及する時間を短縮することを目的に研究を進めた。その結果、アスパラガスではアレロパシー物質がある種の活性炭により吸着されることが明らかとなり、生産現場でも活性炭によりアレロパシーを制御できた。このことにより、連作障害にアレロパシーが関与している生産現場において、活性炭の利用はその問題を解決しうる有効な技術であると考えられた。

摘 要

アスパラガス生育障害へのアレロパシー物質の関与をプラントボックス法を用いて評価した結果、アスパラガスには強いアレロパシー活性があることを明らかにした。続いて、改良プラントボックス法を開発し、アスパラガスのアレロパシー活性と吸着資材の評価をした結果、ある種の活性炭はアスパラガスのアレロパシー物質を吸着し、検定植物であるレタスの生育障害を回避できることが明らかとなった。また、アスパラガスの圃場試験においても、改植時の活性炭の処理によって、無処理区に比べて地下部重、貯蔵根数、株養成量、GI' が改善された。

引用文献

- Asao, T., K. Hasegawa, Y. Sueda, K. Tomita, K. Taniguchi, T. Hosoki, M. H. R. Premanik and Y. Matsui. 2003. Auto-toxicity of root exudates from taro. *Scientia Hort.* 97: 389-396.
- 浅尾俊樹・谷口久美子・富田浩平・細木高志. 2001a. 葉菜類の養液栽培における自家中毒の発生とその種間差異. *園学雑.* 74: 519-521.
- 浅尾俊樹・梅山元正・太田勝巳・細木高志・伊藤憲弘・植田尚文. 1998. 水耕キュウリの培養液非交換による収量の減少と活性炭添加による回復. *園学雑.* 67: 99-105.
- 浅尾俊樹・潮 和頼・富田浩平・谷口久美子・長谷川和久・末田幸夫・細木高志. 2001b. 水耕培養液非更新および活性炭の添加が種々の花卉の生育に及ぼす影響. *園学雑.* 70 (別1): 325.
- 藤井義晴. 1994. アレロパシー検定法の確立とムクナに含

- まれる作用物質L-DOPAの機能. *農環研報.* 10: 115-218.
- 藤井義晴. 2000. アレロパシー. p. 184-189. 農文協. 東京.
- 藤井義晴. 2003. ヘアリーベッチの他感作用と農業への利用および作用成分シアナミドの発見. *農及園.* 78: 958-966.
- 藤井義晴・澁谷知子. 1992. アレロパシーに特異的な活性評価法の確立—プラントボックスを用いた寒天培地中の混植試験による候補植物の検索—. *雑草研究.* 37 (別): 156-157.
- 服部眞幸・平館俊太郎・荒谷 博・西原英治・藤井義晴. 2004. 主要な在来・帰化およびブラジル産雑草のアレロパシー活性のプラントボックス法による検定. *雑草研究.* 49: 169-183.
- 元木 悟. 2002. アスパラガスの改植時におけるアレロパシー軽減技術. *農業技術.* 57: 77-81.
- 元木 悟. 2003. アスパラガスの作業便利帳. p. 155. 農文協. 東京.
- 元木 悟・藤井義晴. 2002. アスパラガスのアレロパシーに関する研究. 第4報. プラントボックス法における活性炭を利用したアレロパシーの評価法. *園学雑.* 71 (別2): 391.
- Motoki, S., T. Ozawa, K. Komatsu, M. Tsukada, T. Hattori, T. Komura and J. Oka. 2002. Allelopathy in asparagus. 1: Reduction of the allelopathic effect on asparagus by flowable agent of activated carbon. *Acta Hort.* 589: 381-386.
- 元木 悟・西原英治・北澤裕明・平館俊太郎・篠原 温. 2006. 沖積土壌におけるアスパラガス連作障害のアレロパシーの関与. *園学研.* 5: 431-436.
- 元木 悟・上杉壽和・小澤智美・小松和彦・小口伴二・塚田元尚. 2004. アスパラガスの長期どり栽培における立茎方法および立茎数が収量に及ぼす影響. *長野野菜花き試報.* 12: 19-29.
- 元木 悟・植竹裕三・松永邦則・小澤智美・小松和彦・矢崎明美・臼井富太. 2005. アスパラガスの茎径調査による収量形質の推定. *園学雑.* 74 (別1): 131.
- 園田高広・大和田正幸・浦上敦子. 2003. アスパラガス育種のための簡易生育調査による早期特性検定法の開発. *福島農試報.* 36: 32-48.
- 土屋一成. 1989. アスパラガスにおけるアレロパシー研究の現状. *農及園.* 64: 373-378.
- 上杉壽和・小澤智美・松木宏司・小口伴二. 1997. アスパラガスアレロパシーを軽減する改植技術. *長野野菜花き試報.* 10: 35-40.