

マメ類の連作圃場における活性炭の施用がダイズの生育および収量性に及ぼす影響

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	元木, 悟 西原, 英治 北澤, 裕明 久徳, 康史 上原, 敬義 矢ヶ崎, 和弘 酒井, 浩晃 重盛, 勲
発行元	日本作物學會
巻/号	81巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 77-82
発行年月	2012年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



マメ類の連作圃場における活性炭の施用がダイズの生育および収量性に及ぼす影響

元木悟¹⁾・西原英治²⁾・北澤裕明³⁾・久徳康史⁴⁾・上原敬義⁵⁾・矢ヶ崎和弘¹⁾・酒井浩晃¹⁾・重盛勲¹⁾

(¹⁾ 長野県野菜花き試験場, ²⁾ 鳥取大学農学部, ³⁾ 食品総合研究所,

⁴⁾ 自治医科大学 先端医療技術開発センター, ⁵⁾ 長野県農業試験場)

要旨: ダイズの連作障害におけるアレロパシーの関与について調査するため、ダイズの無作付け土壌および1, 2, 3, 5年作付けした土壌にレタスを播種し、バイオアッセイを行った。その結果、ダイズを1年以上作付けした土壌には、レタス幼苗に対する生育阻害活性が認められた。その際、活性炭添加による生育回復効果はダイズの連作年数の増加により小さくなり、土壌の生育阻害活性は、連作年数が増加するに従い上昇するものと考えられた。また、根圏土壌の理化学性について調査したところ、ダイズを作付けした根圏土壌には、塩類の集積やpHの変動、無機養分の異常あるいは病害の発生が認められなかった。従って、ダイズの連作障害の一因としてアレロパシーの関与が考えられた。この結果を踏まえ、アレロパシー物質の吸着効果を有する活性炭の、マメ類連作圃場への施用がダイズの生長に及ぼす影響について、「タチナガハ」、「エンレイ」、「玉大黒」、「小真木ダダチャ」および「夏の声」の5品種を用いて調査した。「タチナガハ」、「玉大黒」および「夏の声」では、活性炭の施用により、収量性の低下が軽減された。

キーワード: アレロパシー, エダマメ, 活性炭, 根域土壌, 根圏土壌, 生育阻害活性, ダイズ, 連作障害。

ダイズ (*Glycine max* (L.) Merr.) は、連作障害が発生しやすい作物として知られている (飛高・立川 1960, 松田ら 1978)。その主因は、シストセンチュウなどの病虫害とされるが (大久保 1973, 景山ら 1982, 佐々木ら 1985)、病虫害の発生がみられない圃場でも、連作にともないダイズの粒化やこれによる収量低下が発生することが報告されている (注: 松村修・羽多江政光・北川壽・岐部利幸 1989, 大豆・小麦体系における転換畑経過年数と作物生産力の推移, 転換畑研究成果集報 2: 397–407, 渡邊・三浦 1999, 松本・吉川 2010)。一方、ダイズと同じマメ科作物のエンドウ (*Pisum sativum* L.) は、連作障害が著しい園芸作物の一つであるといわれ (二井内・興津 1965, 家村・植原 1971, 植原・栗畑 1973)、その一因として、アレロパシーの関与が示唆されている (初田ら 1963, 浅尾ら 2003, 東中須 2005)。

著者らは、ダイズにおける原因不明の生育不良や収量低下においてもアレロパシーの関与があると推察し、これを簡便に確認するための方法として開発されたプラントボックス法 (藤井・澁谷 1992, 藤井 1994, 2000, 服部ら 2004) およびサンドイッチ法 (藤井 1994, 2000, Fujii ら 2003) を用いて、ダイズの根から分泌される物質に強いアレロパシー活性があることを確認した (元木ら 2008)。

連作障害においてアレロパシーの関与があるとすれば、作物の生育および収量に影響を与える原因物質が圃場中に蓄積していると考えられるが、ダイズにおいてこの点を検討した事例は無い。著者らは、アスパラガスにおいて根圏土壌中のアレロパシー物質の存在を確認するための新たな検定法を開発し (元木ら 2006c)、アスパラガスの連作障害

にアレロパシーが関与していることを明らかにするとともに (元木ら 2006a)、圃場への活性炭の施用による生育不良および収穫本数低下の軽減方法を提案した (元木ら 2006b, 元木 2007a, 西原・元木 2009)。

本研究ではこの方法を応用し、ダイズ連作圃場における土壌中のアレロパシー物質の存在を確認するとともに、マメ類を数年間連作した連作圃場への活性炭の施用がダイズ5品種の生育および収量性に及ぼす影響を調査した。

材料と方法

1. ダイズ連作土壌におけるアレロパシー活性の確認

(1) 供試土壌

供試土壌は、長野県中信農業試験場 (現長野県野菜花き試験場, 塩尻市宗賀) の場内圃場および近隣圃場 (いずれも黒ボク土, 標高 750 m 前後) から採取した。作物の作付け前の 2004 年 4 月 8 日に、ダイズを 1–3 作および 5 作連続して作付けした圃場より根周辺部の根域土壌を採取した (以下, 1–3 作土壌および 5 作土壌)。また、対照として数年間ダイズを作付けしていない隣接圃場 (採取前年の 2003 年はトウモロコシを作付けた) から土壌を採取した (以下, 0 作土壌)。各圃場より採取した土壌は天日乾燥させた後、病害の影響を排除するため、オートクレーブ (トミー精工, SD-321) で 121℃, 15 分間殺菌した。その後、各土壌をふるい (野中理化工製製作所, 16 メッシュ) にかけて、土壌中の根毛などを除去した。

(2) バイオアッセイ

1. (1) で準備した各土壌を 200 穴セルトレイ (ヤンマー農機, 白色) 2 枚ずつに詰めた。その際、既報 (西原・元

木 2009) に準じ、アスパラガスにおいてアレロパシー物質の吸着資材として広く利用されている粒状活性炭 (味の素ファインテクノ, 改植出番・粒状, ヤシガラ由来, pH 6.8) を混合したトレイ 2 枚ずつを併せて準備した. 各土壌に対する粒状活性炭の混合量は, 既報 (元木ら 2007c) に準じて, 育苗培養土 1000 g に対して 20 g とした.

供試作物は, アレロパシー活性の検定に一般に用いられているレタス (*Lactuca sativa* L.) とし, 品種は「シナノサマー」を用いた. 2004 年 8 月 6 日にレタスを播種し, 底面給水法により 3 日間育苗した後, 発芽率を調査した. また, 各トレイから中庸な 10 個体を選び, 幼根長および胚軸長を測定した.

2. マメ類の連作圃場における活性炭の施用がダイズの生育および収量性に及ぼす影響

(1) 試験圃場の概要

試験は, 長野県野菜花き試験場 (現長野県野菜花き試験場北信支場, 長野市松代町, 灰色低地土, 標高 340 m) 内の試験圃場において 2008 年に行った. ここは, 1998~2008 年の 11 年間のうち, 2004 年を除く 10 年間, マメ類を連作した圃場であり, そのうち 2001, 2003, 2005~2008 年の 6 年間はダイズ (エダマメ) を作付けた (第 1 表).

(2) 土壌診断

土壌診断は, エダマメを 2 年連作した 2006 年において, エダマメの収穫期 (2006 年 8 月 24 日) およびダイズの子実収穫期 (2006 年 10 月 4 日) に行った. 供試土壌は, ダイズ栽培中の根から付着土壌を刷毛で拭い落とした土壌 (以下, 根圏土壌) およびエダマメ収穫期の畝間部分の土壌 (深さ 5~10 cm), ならびに対照として過去にマメ類を全く作付けしていない輪作圃場の畑作土壌 (以下, 輪作土壌, 土壌採取年の 2006 年は葉菜類とネギ類を作付けた, 深さ 5~10 cm) を, 降雨が少なく, 晴天日が続いた日を選んで採取, 1. (1) に準じて乾燥し, ふるいにかけた. 分析項目は, pH (H₂O), 電気伝導度 (EC) および無機態 N, P₂O₅, K₂O, CaO, MgO 含量とした.

また, マメ類の連作圃場においては, 栽培期間中における病害の発生確認を目視により行った.

(3) 圃場試験

マメ類の連作圃場における活性炭の施用がダイズの生育, 収量および品質に及ぼす影響について, 2008 年に調査した. 供試品種は「タチナガハ」, 「エンレイ」, 「玉大黒」, 「小真木ダダチャ」および「夏の声」とした. 元木・袖山 (2007b) の育苗法に準じた移植栽培とし, 2008 年 5 月 15 日に育苗培土 (大塚産業, プリティーソイル N60, N:P:K = 60:2187:80 mg L⁻¹) を詰めた 200 穴セルトレイ (ヤンマー農機, 黒色) に播種, 初生葉展開期から本葉発生期まで育苗後, 同年 5 月 30 日に試験圃場に移植した. 栽培管理は慣行 (元木ら 2002) によった. 栽植密度は, 長野県のダイズ (エダマメ) 生産者の慣行 (元木ら 2002, 矢ヶ崎 2003)

第 1 表 マメ類の連作圃場の栽培履歴.

栽培年	作付品目
1998	ベニバナインゲン, ライマビーン
1999	キヌサヤエンドウ (1 作目), サヤインゲン (2 作目)
2000	ベニバナインゲン, ライマビーン
2001	エダマメ
2002	フジマメ, ササゲ, ラッカセイなど 36 種類のマメ科植物
2003	エダマメ
2004	キュウリ, アスパラガス, カラーピーマンなど
2005	エダマメ
2006	エダマメ
2007	エダマメ
2008	エダマメ

に従い, 畝幅 75 cm × 株間 15 cm の 1 本立てとした. 連作圃場に施用する活性炭は, 1. (2) に準じた. すなわち, 定植前に 10 a 当たり 120 kg となるように散布し, 2~3 回耕起して土壌とよく混和した. 1 区当たりの栽植本数は 25 株とし, そのうち無作為に抽出した 6 株について, エダマメ収穫期の主茎長, 茎径, 長さ 2 cm 以上の分枝数, 地上部生体重, 地下部生体重およびダイズ子実収穫期の地上部の株当全重, 株当茎重 (いずれも風乾重) を測定した. また, 収量性に関連する形質として, エダマメ収穫期の全莢重, 3 粒莢の大きさおよびダイズ子実収穫期の百粒重, 全粒重を調査した. これらの調査方法については, 「ダイズ特性審査基準」 (日本特産農産物種苗協会 1995) を参考にした. なお, 「小真木ダダチャ」および「夏の声」はエダマメ専用品種であるため, エダマメに関する項目のみ調査した.

結 果

1. ダイズ連作土壌によるアレロパシー活性の確認

滅菌処理したダイズ連作土壌への活性炭添加がレタスの幼根および胚軸の生育に及ぼす影響を第 2 表に示した. 幼根長についてみると, 0 作土壌において, 活性炭の添加による有意な差は認められなかった (第 2 表). 1, 2, 3 および 5 作土壌における幼根長は 11.5, 12.7, 13.1 および 13.8 mm で, 0 作土壌 (20.3 mm) と比べて有意に小さかった. それぞれの土壌に活性炭を添加した場合の幼根長は, 0 作土壌より順に 23.7, 26.6, 25.0, 18.2 および 14.8 mm で, 1, 2 および 3 作土壌では, 活性炭を添加しない土壌と比較し, 有意に大きかった. 活性炭添加がレタスの幼根の伸長に及ぼす影響は, ダイズの連作年数が増加するにつれて小さくなる傾向がみられ, 5 作土壌では, 活性炭を添加しない土壌との間に有意な差は認められなかった.

胚軸長は, 1, 2, 3 および 5 作土壌でそれぞれ 6.3, 6.8, 6.6 および 6.3 mm となり, 0 作土壌 (12.5 mm) と比較し有意に小さかった. また, それぞれの土壌に活性炭を添加した場合, 0 作土壌では無添加との間に有意な差は生じなかったものの, 全ての連作土壌において活性炭添加によ

第2表 ダイズ連作土壌への活性炭添加がレタスの幼根および胚軸の生育に及ぼす影響.

連作年数	幼根長 (mm)		胚軸長 (mm)	
	活性炭－	活性炭＋	活性炭－	活性炭＋
0	20.3 a	23.7 a ^{<ns>}	12.5 a	15.1 ab ^{<ns>}
1	11.5 b	26.6 a ^{<***>}	6.3 b	13.8 b ^{<***>}
2	12.7 b	25.0 a ^{<***>}	6.8 b	16.6 a ^{<***>}
3	13.1 b	18.2 b ^{<***>}	6.6 b	12.9 b ^{<***>}
5	13.8 b	14.8 b ^{<ns>}	6.3 b	9.0 c ^{<***>}
p		***		***
処理の有意性 y		***		***
p × y		***		***

活性炭－は活性炭添加せず、活性炭＋は活性炭添加。

*** は、調査項目ごとの二元配置分散分析により、活性炭施用の有無 (p)、連作年数 (y) および交互作用 (p × y) において、1%水準で有意差が有ることを示す (n=10)。

同一処理区内の連作年数において、異なるアルファベット間には Tukey-Kramer's test により 5%水準で有意差有り。

<ns> および <***> は、同一連作年内の比較において、Student's t-test により 1%水準で有意差無し、または有りを示す。

第3表 マメ類連作圃場の土壌の化学的特性.

採取土壌	採取位置	pH	EC (mS cm ⁻¹)	無機 N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
				(mg 100 g ⁻¹ 乾土)				
マメ類の連作圃場 (ダイズ子実収穫期)	根圏土壌	6.5	0.09	2.7	81.6	66.8	397	92.0
マメ類の連作圃場 (エダマメ収穫期)	根圏土壌	6.9	0.20	30.3	82.3	118.1	360	95.4
マメ類の連作圃場 (エダマメ収穫期)	畝間部分	6.5	0.07	1.7	79.8	73.9	391	95.8
ネギと葉菜類の輪作圃場 (作付後)	作土部分	6.6	0.08	1.0	114.3	95.3	334	75.5

り胚軸長が有意に大きくなった。活性炭添加がレタスの胚軸の伸長に及ぼす影響は、幼根長と同様に、ダイズの連作年数が増加するにつれて小さくなった。

2. マメ類の連作圃場における活性炭の施用がダイズの生育および収量性に及ぼす影響

(1) 土壌診断

2006 年に行ったマメ類の連作圃場における土壌分析の結果を第3表に示した。マメ類の連作土壌の pH は、エダマメ収穫期の根圏土壌で pH 6.9 とやや高かったものの、エダマメ収穫期の畝間部分 (pH 6.5)～エダマメ収穫期の根圏土壌 (pH 6.9) と比較的狭い範囲であり、輪作土壌もこの範囲に入っていた (pH 6.6)。輪作土壌の EC は、0.08 mS cm⁻¹ で、マメ類の連作土壌では 0.07～0.20 mS cm⁻¹ の範囲であった。このうち、エダマメ収穫期の根圏土壌でやや高い値 (0.20 mS cm⁻¹) を示したが、ダイズ収穫期には根圏土壌の値 (0.09 mS cm⁻¹) も輪作土壌やエダマメ収穫期の畝間部分の値 (それぞれ 0.08 mS cm⁻¹, 0.07 mS cm⁻¹) と同程度であった。マメ類の連作土壌の無機態 N および K₂O 含量は、エダマメ収穫期の根圏土壌で高い値 (乾土 100 g 当たり、それぞれ 30.3 mg, 118.1 mg) を示したが、ダイズ収穫期には根圏土壌の値 (それぞれ 2.7 mg, 66.8

mg) も輪作土壌の値 (それぞれ 1.0 mg, 95.3 mg) と同程度にまで下がった。マメ類の連作土壌の P₂O₅ 含量は、輪作土壌に比べていずれも低く、MgO はいずれも高い傾向がみられたが、通常、生育などに影響を及ぼすレベルではなかった。また、栽培期間を通じて土壌病害などの発生はみられなかった。

(2) 圃場試験

マメ類の連作圃場への活性炭の施用がエダマメ収穫期の生育に及ぼす影響について品種ごとにみると (第4表)、「タチナガハ」では主茎長および分枝数が活性炭の施用により有意に増加したが、茎径、地上部生体重および地下部生体重においては、有意な差は認められなかった。これとは逆に、「玉大黒」では主茎長および分枝数において、活性炭の施用による有意な変化はなかったが、茎径、地上部生体重および地下部生体重は、活性炭の施用により有意に増加した。「エンレイ」では、いずれの調査項目においても、活性炭の施用による有意な差は認められなかった。「小真木ダダチャ」では、分枝数および地下部生体重が活性炭の施用により有意に増加した。一方、「夏の声」では、活性炭の施用により主茎長が有意に小さくなったが、分枝数、地上部生体重および地下部生体重は、有意に増加した。また、ダイズ子実収穫期の生育量 (風乾重) についてみると、

第4表 マメ類の連作圃場への活性炭の施用がダイズ（エダマメ）収穫期の生育特性に及ぼす影響.

品種	活性炭施用	エダマメ収穫期					ダイズ子実収穫期	
		主茎長 (cm)	茎径 (mm)	分枝数 (本)	生体重 (g)		株当たり 全重 (g)	株当たり 茎重 (g)
					地上部	地下部		
タチナガハ	— ^z	76.8	16.7	9.0	451.3	26.3	134.2	73.0
	+	79.2	15.9	10.3	483.7	24.3	132.9	60.1
		^{**y}	ns	*	ns	ns	ns	ns
エンレイ	—	78.0	14.5	10.0	584.0	23.0	141.3	75.6
	+	79.5	16.3	11.2	579.2	21.3	135.8	65.8
		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
玉大黒	—	100.3	12.2	6.0	272.7	13.3	119.6	63.5
	+	99.0	14.8	7.7	640.7	26.7	165.0	84.9
		ns	**	ns	**	*	*	ns
小真木ダダチャ	—	84.7	13.3	6.7	430.0	17.3		
	+	83.3	13.5	7.3	462.7	24.7		
		ns	ns	*	ns	*		
夏の声	—	58.0		3.3	94.3	5.7		
	+	56.0		5.3	257.3	15.7		
		*		**	**	**		

^z—は活性炭施用せず, +は活性炭施用.

^y6反復データについて予めF-testを実施し, 等分散である場合はStudent's t-test, 非等分散である場合にはWelch's t-testにより1% (***) または5% (*) 水準で有意差有り, または有意差無し (ns).

第5表 マメ類の連作圃場への活性炭の施用がダイズ（エダマメ）収穫期の収量性に及ぼす影響.

品種	活性炭施用	エダマメ収穫期			ダイズ子実収穫期	
		全莢重 (g/株)	3粒莢の大きさ		全粒重 (g/株)	百粒重 (g)
			長径 (cm)	短径 (cm)		
タチナガハ	— ^z	151.7	6.7	1.4	61.2	40.5
	+	198.7	6.8	1.5	72.8	41.4
		^{**y}	ns	ns	ns	**
エンレイ	—	221.3	6.6	1.4	65.7	35.6
	+	256.3	6.6	1.5	70.1	36.1
		ns	ns	ns	ns	ns
玉大黒	—	108.7	7.0	1.4	56.1	50.8
	+	223.3	7.2	1.5	80.1	53.4
		*	*	**	*	**
小真木ダダチャ	—	170.7	5.9	1.5		
	+	190.0	5.9	1.5		
		ns	ns	ns		
夏の声	—	50.0	5.8	1.4		
	+	144.7	6.2	1.5		
		**	**	ns		

^z—は活性炭施用せず, +は活性炭施用.

^y6反復データについて予めF-testを実施し, 等分散である場合はStudent's t-test, 非等分散である場合にはWelch's t-testにより1% (***) または5% (*) 水準で有意差有り, または有意差無し (ns).

「タチナガハ」, 「エンレイ」および「玉大黒」のいずれにおいても株当たりの茎重に有意な差は認められなかった. 株当たり全重は, 「玉大黒」では活性炭を施用した場合, 有意に増加した.

収量性についてみると, 「タチナガハ」では, 活性炭の施用によりエダマメ収穫期の全莢重およびダイズ子実収穫期の乾燥子実の百粒重において有意な増加が認められた (第5表). 「エンレイ」では, いずれの調査項目においても,

活性炭の施用による有意な差は認められなかった。「玉大黒」では、全ての調査項目において、活性炭の施用による有意な増加が認められた。エダマメ収穫期の収量性について調査した「小真木ダダチャ」と「夏の声」において、前者では活性炭の施用による有意な変化は認められなかったが、後者では、活性炭の施用によりエダマメ収穫期の全莢重および3粒莢における長径が有意に大きかった。

考 察

ダイズの根には強い生育阻害活性が認められる(元木ら2008)ことから、その根から滲出するアレロパシー物質がダイズの連作障害の主な要因であると推察し、ダイズ連作土壌を用いて、レタスの幼根長および胚軸長を対象としたバイオアッセイを実施した。その結果、0作土壌では、活性炭添加の有無による差はみられなかった(第2表)。一方、1~3作土壌においては、活性炭を添加することによる有意な生長の増加が認められた。また、5作土壌においても胚軸長は有意に伸長した。これらの結果より、連作土壌に何らかの生育阻害物質が存在する可能性が考えられた。1作土壌においても生育阻害活性がみられたことから、ダイズ単年作であっても、作付け後の土壌には生育阻害物質が蓄積するものと考えられた。しかし、活性炭添加によるレタスの生長の回復は、ダイズの作付け年数の増加にともない小さくなっていることから、生育阻害活性はダイズの連作年数の増加にともない上昇したと考えられる。

次に、マメ類の連作障害が、土壌養分の偏りやpHの異常、土壌の理化学性変化の影響である可能性について検討した。その結果、根圏土壌の塩類の集積やpHの変動、無機養分の異常は認められなかった(第3表)。松本・吉川(2010)は、黒ダイズ連作時における土壌化学性の変化を5作にわたって調査し、この間、全窒素、全炭素および陽イオン交換容量に変化はみられなかったことを報告している。本結果は、この報告を支持すると同時に、ダイズの連作障害が土壌化学性の変化によらないことを改めて示唆するものといえる。

以上の結果を踏まえ、1998~2008年の11年間のうち、2004年を除く10年間、マメ類を連作した圃場において、2008年に圃場レベルでの栽培実証試験を行った。「タチナガハ」、「玉大黒」および「夏の声」では、粒状活性炭を施用することにより、調査項目ごとに差異はあったものの、生育量および収量性のいずれもが増加する傾向がみられたことから、これらは、連作圃場に存在すると考えられる生育阻害物質の影響を受け易い品種と考えられた。一方、活性炭の施用による影響のない「エンレイ」および「小真木ダダチャ」は、生育阻害物質の影響を受けにくい品種と考えられた。このような生育抑制の程度やその発生項目の品種による差異は、アスパラガスにおいても報告(西原ら2007b, Yeasuminら2010)されており、本試験においても品種ごとの生育阻害物質に対する感受性の違いが現れたも

のと推察される。

なお、生育阻害物質に対する活性炭の吸着効果が、組み合わせる土壌(本研究では灰色低地土)の種類により変化するという報告(西原・元木2009)がある。また、活性炭は、原料や賦活温度などの条件、賦活方法などが異なると、細孔分布の違いなどが生じ、化学物質の物理吸着特性も変わる(西原・元木2009)。そのため、ダイズ(エダマメ)栽培において実際に活性炭を圃場に施用する際には、「簡易土壌アッセイ法」(西原ら2006, 西原2007a, 西原・元木2009)などを用いて栽培土壌に適した吸着特性を有する活性炭を選定するとともに、活性炭の適正な施用量を検討したうえで、利用することが重要である。

引用文献

- 浅尾俊樹・北澤裕明・鷺津和彦・細木高志・藤本弦 2003. 水耕培養液非更新および活性炭添加がマメ類の生育および収量に及ぼす影響. 園学雑 72(別 1): 255.
- 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.
- 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。農文協, 東京. 239.
- Fujii, Y., S.S. Parvez, M.M. Parvez, Y. Oumae and O. Iida 2003. Screening of 239 medicinal plant species for allelopathic activity using the sandwich method. Weed Biol. Manag. 3: 233-241.
- 初田勇一・浜崎たかし・西村正賜・蓮弘正義 1963. エンドウの根部中の植物に対する生育阻害物質について。農化誌 37: 262-264.
- 服部真幸・平舘俊太郎・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.
- 飛高義雄・立川喜平 1960. マメ類の連作に関する研究. 九州農業研究 22: 91-92.
- 東中須恵子 2005. 種子発芽過程におけるアレロパシー。筑波大学学位論文(国立国会図書館, 博士論文目録 2005-L-503).
- 家村浩海・植原一雄 1971. エンドウ連作圃場と非連作圃場における根圏微生物密度の比較. 龐大農学術報告 21: 99-105.
- 景山幸二・宇井格生・成田保三郎・山口宏 1982. ダイズの連作障害と *Pythium* spp. の関係. 日植病報 48: 333-335.
- 松田幹男・佐藤尚雄・本田勝雄 1978. 畑輪作に関する研究. 第10報. 畑作物の長期連作に対する反応. 東北農業研究 21: 153-154.
- 松本静治・吉川正巳 2010. 転換畑における黒ダイズの連作にともなう収量および土壌の化学性の変化. 日作紀 79: 268-274.
- 元木悟・青木恵・小澤智美・小松和彦・塚田元尚・小口伴二 2002. エダマメの安定生産に関する試験. 第3報. エダマメの播種期及び収穫期と生育, 収量. 北陸作報 37: 85-87.
- 元木悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・篠原温 2006a. 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. 園学研 5: 431-436.
- 元木悟・西原英治・北澤裕明・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原温 2006b. 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. 園学研 5: 437-442.

- 元木悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原温 2006c. 新規に開発した手法を利用したアスパラガス根圏土壌のアレロパシー活性測定法. 園学研 5: 443-446.
- 元木悟 2007a. アスパラガス連作障害における活性炭を利用したアレロパシー回避技術の確立. 長野野菜花き試特報 2: 52-146.
- 元木悟・袖山栄次 2007b. エダマメの安定生産に関する試験. 第5報. 機械移植栽培の現地適応性. 北陸作報 42: 58-61.
- 元木悟・西原英治・高橋直志・Hermann Limbers・篠原温 2007c. 育苗時の活性炭添加によるアレロパシー軽減効果. 園学研 6: 603-609.
- 元木悟・西原英治・平舘俊太郎・藤井義晴・篠原温 2008. 豆類のアレロパシー評価法の検討. 北陸作報 43: 117-121.
- 日本特産農作物種苗協会 1995. 種苗特性分類調査報告書. ダイズ特性審査基準. 55.
- 二井内清之・興津伸二 1965. エンドウのいや地症状の確認ならびにその原因に関する 2, 3 の実験について. 園試報 D (久留米) 3: 57-78.
- 西原英治・中野耕栄・本間龍一・平田武・中野太佳司 2006. モモの自家中毒回避に向けた簡易土壌アッセイ法の開発. 園学雑 75(別 1): 272.
- 西原英治 2007a. 活性炭利用に向けた簡易土壌アッセイ法の開発とソラムメのアレロパシー (いや地現象) 回避技術について. 今月の農業. 化学工業日報社, 東京. 51(3): 66-70.
- 西原英治・元木悟・渡辺祐輔・中野太佳司 2007b. アスパラガスのアレロパシー活性の品種間差異が改植時における収量に及ぼす影響. 園学研 6(別 1): 183.
- 西原英治・元木悟 2009. 活性炭の農業利用. 農文協, 東京. 244.
- 大久保隆弘 1973. 輪作の栽培学的意義に関する研究. 東北農試研報 46: 1-61.
- 佐々木健治・高橋康利・佐藤忠二 1985. 畑作物の連作障害と作付体系に関する研究. 岩手農試研報 25: 163-180.
- 植原一雄・栗畑耕二 1973. 連作土壌に栽培したエンドウの根の褐変について. 鹿大農学術報告 23: 127-132.
- 渡邊好昭・三浦重典 1999. 火山灰土壌におけるダイズ連作障害の様相. 日作東北支部報 42: 37-38.
- 矢ヶ崎和弘 2003. 関東・中部地方の黒ダイズ栽培. 新特産シリーズ. 黒ダイズ. 農文協, 東京. 99-130.
- Yeasumin R., E. Nishihara, K. Nakamatsu and S. Motoki 2010. Which asparagus cultivar is more resistant to replanting problem? Hort. Res. (Japan) 9 (Supplement 2): 230.

Effect of Activated Carbon Application on the Growth and Yield of Soybean in the Field of Continuous Beans Cropping: Satoru MOTOKI¹⁾, Eiji NISHIHARA²⁾, Hiroaki KITAZAWA³⁾, Yasushi KYUTOKU⁴⁾, Takayoshi UEHARA⁵⁾, Kazuhiro YAGASAKI¹⁾, Hiroaki SAKAI¹⁾ and Isao SHIGEMORI¹⁾ (¹⁾Nagano Veg. Orn. Crops. Exp. Stn., Shiojiri, 399-6461, Japan; ²⁾Fac. Agric, Tottori Univ., ³⁾Natl. Food Res. Inst., Natl. Agric. Food Res. Org., ⁴⁾Fichi Med. Univ., ⁵⁾Nagano Agric. Exp. Stn.)

Abstract: To investigate the participation of allelopathy in the injury by continuous cropping of soybean, we seeded lettuce in the field where soybean had been cropped for 0, 1, 2, 3 and 5 years, and examined the growth of the lettuce plants. The lettuce growth was inhibited by continuous soybean cultivation and adding activated carbon to the soil alleviated the inhibition. However, the effect of the activated carbon decreased as the duration of continuous cropping increased. Therefore, the growth-inhibitory activity of the soil was considered to increase with increasing duration of the continuous cropping. In the analysis of the root-zone soil, we could not observe any significant differences in pH and nutrient elements, which suggested that the main factor causing injury by continuous soybean cropping might be allelopathy. Hence, we investigated the effect of adding activated carbon to the field where five been cultivars, 'Tachinagaha', 'Enrei', 'Tamadaikoku', 'Komaki-dadacha' and 'Natsunokoe' had been cultivated continuously. The growth reduction of soybean by continuous cropping of 'Tachinagaha', 'Tamadaikoku' and 'Natsunokoe', was significantly alleviated by the addition of activated carbon.

Key words: Activated Carbon, Allelopathy, Green soybean, Growth-inhibitory activity, Replant problem, Rhizosphere soil, Root-zone soil, Soybean.