

[分類] 普及技術

[成果名] 特殊肥料「そば殻発酵堆肥」は 2t/10a 施用することで、夏レタス、秋ハクサイ、スイートコーンでは 30～50%、雨除けトマトでは 15～30%の化学肥料減肥ができる

[要約] 特殊肥料「そば殻発酵堆肥」の窒素肥効率は単年度 10～20%で、夏レタスと秋ハクサイは 2t/10a 連用により減肥率 30～50%で 3～4年間の化学肥料減肥栽培ができる。また、2t/10a 単年度施用では、スイートコーンは 30～50%、雨除けトマトは 15～30%の化学肥料減肥栽培ができる。

[担当] 野菜花き試験場病害虫土壌肥料部、中信農業試験場畑作栽培部

[部会] 土壌肥料

1 背景・ねらい

有機農業推進法の施行、安全な地域農産物への需要の増加、循環型農業構築、温室効果ガス削減、肥料資材高騰などの対策として、地域で容易に入手できる未利用有機物を農地で有効利用することの重要性が増している。そばは本県特産物の一つで、近年、野菜畑での輪作作物としても導入されており、加工業者も多く、玄そば重量の 20%程度のそば殻が発生する。そこで、県内製粉会社から排出されるそば殻とそば粉くずを堆肥化した市販特殊肥料「そば殻発酵堆肥」による野菜の化学肥料減肥栽培を検討した。

2 成果の内容・特徴

(1) 「そば殻発酵堆肥」(届出番号；長野県特殊肥料第 233 号)は、県内製粉会社から排出されるそば殻とくず粉を原料として製造された特殊肥料(堆肥)である。成分は、窒素がリン酸より多く、カリがリン酸より少ない(表 1)。比重約 0.3 と軽く、固結しにくいので、取り扱いや散布が容易である。

表1 「そば殻発酵堆肥」の原料及び堆肥(製品)の成分(平17、野菜試)

	水分 (%)	pH H ₂ O	EC mS/cm	T-C (%)	T-N (%)	C/N	無機態N mg/100g			T-P ₂ O ₅ (%)	T-K ₂ O (%)	T-CaO (%)	T-MgO (%)
							AN	NN	合計				
堆肥	60.5	6.0	0.86	43.2	4.0	10.8	0	164	164	1.12	0.68	3.70	0.74
原料	13.8	5.7	0.99	49.8	1.6	30.3	-	-	-	0.46	0.72	1.69	0.31

乾物あたり。- は測定していない。

- (2) 春作付前の 2t/10a 連用により、夏レタスと秋ハクサイは減肥率 30～50%で 3～4年間の化学肥料減肥栽培ができる。2t/10a の単年度施用では、スイートコーンは減肥率 30～50%、雨除けトマトは減肥率 15～30%の化学肥料減肥栽培ができる(図 2、表 6、7)。
- (3) ハクサイゴマ症の発生は「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用と化学肥料 30～50%減肥の組み合わせにより抑制される(図 3)。
- (4) 「そば殻発酵堆肥」の窒素無機化量は、現物 1 t あたり 1kg(2 か月)～2kg(半年)で、窒素分解率は、6 か月で約 10%、1 年で約 20%、2 年以降約 30%である(図 4、5)。
- (5) 「そば殻発酵堆肥」の肥効率を、窒素無機化及び分解特性、栽培試験結果に基づき決定した(表 2)。肥効率から算出される肥料換算分量が化学肥料代替可能量となる。

表2 「そば殻発酵堆肥」の肥効率と肥料換算成分量

期間	N			P ₂ O ₅			K ₂ O		
	肥効率 (%)	施用量(/10a)		肥効率 (%)	施用量(/10a)		肥効率 (%)	施用量(/10a)	
		1t	2t		1t	2t		1t	2t
半年	10	2	4	80~ 100	2~4	4~8	80~ 100	3~6	6~12
1年	20	4	8						
2年目以降	30	6	12						

- (6) 「そば殻発酵堆肥」は、リン酸成分が少ない肥料と併用することで、連用しても土壤にリン酸が過剰蓄積しない(表4、8)。
- (7) 「そば殻発酵堆肥」は、作土の固相率と硬度を低下させるので土壤膨軟化に有効である(表10、11)。
- (8) 「そば殻発酵堆肥」は、作物の初期生育を阻害せず、レタス根腐病の発病を助長しない(図6、7)。

3 利用上の留意点

- (1) 試験場所より標高が高い地域や地力の低い場所では肥効が低下する可能性があるため、減肥率を下げる。
- (2) 施用の前後には土壌診断を実施し、適切な施肥設計を行うとともに、減肥の継続により収量が低下してきた場合は、なたね油粕、発酵鶏ふん等、窒素分の多い有機質肥料あるいは速効性窒素肥料の併用、豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥等、窒素分を比較的多く含む家畜ふん堆肥の併用または切り替え、いったん施肥量を標準に戻す、等で対応する。

4 対象範囲

県下全域の野菜畑

5 具体的データ

(1) 堆肥化方法(図1)

製粉会社から排出されるそば殻には、2割程度のくず粉が含まれており、堆肥化時の窒素源となっている。そば殻自体はつぶれにくいので、堆肥化時の通気性が確保される。完成した堆肥は、比重が約0.3と軽く、固結していないので、取り扱いやすく散布もしやすい。

製粉会社

排出

そば殻+くず粉
(8割:2割)

水添加(水分50~60%)

2~3週間ごと切り返し

夏季約4か月

冬季5~6か月

篩分け・袋詰め

図1「そば殻発酵堆肥」の堆肥化方法

(2) 化学肥料減肥栽培試験

中信農業試験場内圃場では、夏レタス・秋ハクサイ、野菜花き試験場内圃場では、雨除けトマトとスイートコーンの栽培試験を実施した。「そば殻発酵堆肥」施用量は2t/10aとし、化学肥料減肥率を15~50%まで設定した(表3)。作物別施肥量は表4に、耕種概要は表5に示した。

表3 栽培試験の内容

試験区 (堆肥・施肥量)	黒ボク土				灰色低地土			
	夏レタス	秋ハクサイ	平17	平18	平19	平20	トマト	スイートコーン
無堆肥・標準施肥								
2t・標準施肥(上乘せ)								
2t・15%減肥			-	-	-			
2t・30%減肥								
2t・50%減肥			-					

黒ボク土: 中信試験圃場(標高750m)、灰色低地土: 野花試験圃場(標高346m)

表4 作物別の化学肥料施肥量(平17~20)

試験区	夏レタス(平17~20) (Vレタス)			秋ハクサイ(平17~20) (CR清雅65)			トマト(平17) (桃太郎エイト)			スイートコーン(平18) (ゴールドラッシュ)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	無堆肥・標準施肥	10	3	10	20	10	20	15	8	15	18	0
2t・標準施肥	10	3	10	20	10	20	15	8	15	18	0	10
2t・15%減肥	8.5	2	9	17	9	17	12.8	6.8	12.8	-	-	-
2t・30%減肥	7	2	7	14	7	14	10.5	5.6	10.5	12.6	0	7
2t・50%減肥	5	1	5	10	5	10	-	-	-	9.0	0	5
供試肥料	燐硝安加里 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O) (16-4-16)			尿素複合燐加安 (20-10-20)			尿素複合燐加安 (20-10-20)			硫安、塩加		

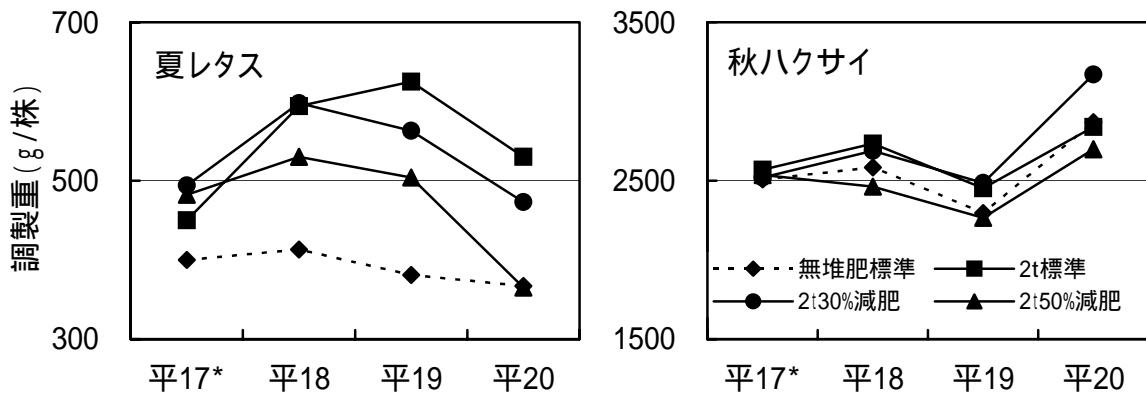
全区に苦土石灰(kg/10a)施用。レタス80(平17~19)・150(平20)、トマト・スイートコーン:100

栽培試験では、土壌診断値に基づき、リン酸施肥量を減らすためにリン酸成分が窒素の半分以下の肥料やリン酸肥料以外の単肥(硫安、塩加)を使用した。

表5 耕種概要(平17~20)

作業等 (月日)	夏レタス				秋ハクサイ				トマト	スイートコーン
	平17	平18	平19	平20	平17	平18	平19	平20	平17	平18
堆肥施用	4/5	4/4	4/12	4/14	-	-	-	-	5/13	5/16
施肥	4/18	4/17	4/12	4/14	8/9	8/8	8/9	8/22	5/16	5/16
マルチ	白黒	白黒	白黒	白黒	白黒	白黒	白黒	白黒	シルバー-ストライプ	シルバー-ストライプ
定植(月日)	4/22	4/19	4/26	4/28	8/22	8/24	8/27	8/25	5/30	5/29
収穫(月日)	6/20	6/19	6/25	6/26	10/26	10/26	10/30	10/28	7/8~9/2	8/2
畝幅(cm)	45	45	45	45	45	45	45	45	90	100
株間(cm)	25	25	25	25	50	50	50	50	40(1条)	25、条間50
試験区面積	10.8m ² ・2連				10.8m ² ・2連				4m ² ・2連	20m ² ・2連

夏レタスの実用的収量(調整重)を1玉500gとすると、「そば殻発酵堆肥」2t/10a施用の場合、化学肥料減肥率30%で3~4年間、減肥率50%で3年間は、同一施肥条件で栽培可能であった。また、夏レタス後の秋ハクサイでは、実用的収量(調整重)を1玉2500gとすると、年次変動がみられるが、減肥率30~50%で3~4年間は、同一施肥条件で栽培可能であった(図2)。



平17のみ、2t30%減肥区 2t15%減肥区、2t50%減肥区 2t30%減肥区である。
 図2 夏レタスと秋ハクサイの収量(平17～20、野菜試)

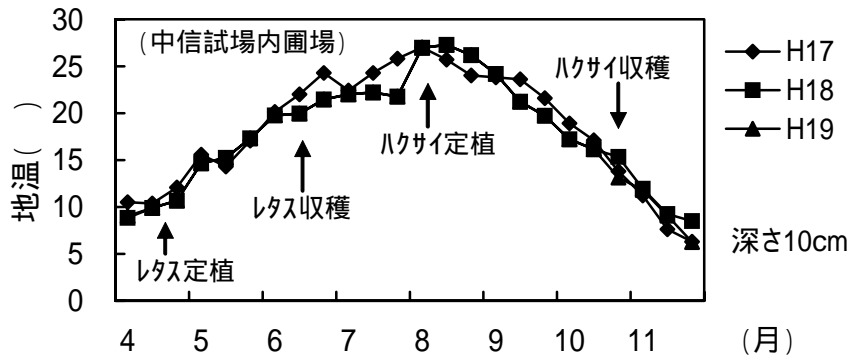
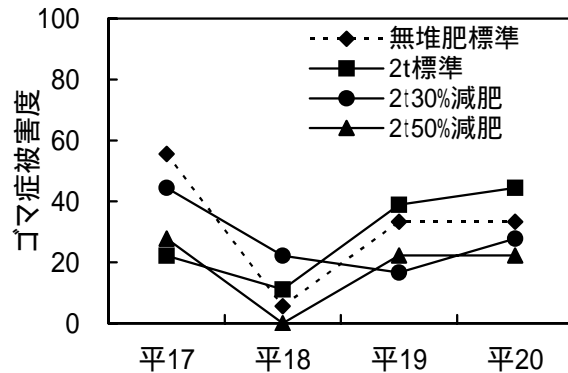


図3 夏レタス - 秋ハクサイ試験圃場の地温(平17～19、野菜試)

秋ハクサイのゴマ症発生程度は、全体に、連用が進むと、減肥率が高いほど少ない傾向があり、とくに減肥率50%区で低くなった(図5)。

ハクサイゴマ症は、施肥窒素量や品種によっても発生程度が異なるが、「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用時では、化学肥料減肥率を30～50%とすると、ゴマ症の発生も抑制できると推察される。



ゴマ症程度:0無し、1少、2中、3多。
 被害度 = (程度別株数 × 程度指数) / (3 × 調査株数) × 100
 図4 秋ハクサイのゴマ症発生程度(平17～20、野菜試)

「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用区の雨除けトマト収量及び果実糖度・ビタミンC濃度は、減肥率30%まで、無堆肥標準施肥区、2t標準施肥区と同等(統計的有意差なし)だった(表6)。また、「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用区のスイートコーン収量及び子実糖度・ビタミンC濃度は、減肥率50%まで、無堆肥標準施肥区、2t標準施肥区と同等(統計的有意差なし)だった(表7)。

表6 トマトの収量と品質(平17、野菜試)

試験区	果実重(kg/株)		果実ビタミンC(mg/kg)		果実糖度(Brix.%)	
	1~3花房	4花房以上	第2花房	第5花房	第2花房	第5花房
無堆肥標準	2.151	3.617	220	224	5.8	5.2
2t標準	2.754	3.439	218	249	5.7	5.3
2t15%減肥	2.274	3.261	230	243	5.8	5.2
2t30%減肥	2.693	3.358	227	234	5.9	5.1
分散分析	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) 果実ビタミンC・糖度調査日: 第2花房7月26日、第5花房8月16日。

完熟果2個につき、搾汁液のビタミンCをRQフレックスで、糖度をBrix糖度計で測定。

表7 スイートコーンの収量と品質(平18、野菜試)

試験区	地上部		雌穂				子実			子実糖度(Brix.%)	
	全重(g/株)	全重(g/個)	同左指数	穂重(g/個)	同左(kg/10a)	同左指数	穂長(cm)	穂径(cm)	不稔果重(kg/10a)		ビタミンC(mg/kg)
無堆肥標準	1,198	352	100	263	1,421	100	19.3	49.9	20.6	221	16.6
2t標準	1,177	333	95	253	1,480	104	19.1	48.8	19.7	229	16.8
2t30%減肥	1,133	318	90	244	1,394	98	19.4	48.0	20.7	219	16.2
2t50%減肥	1,108	323	92	248	1,525	107	19.2	48.5	17.9	223	16.9
分散分析	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

注) 8月2日調査。調査株数20株/区(5株/条×4条)。雌穂全重は苞付き重量。子実のビタミンC、糖度は、良果2個について搾汁を遠心分離(10,000rpm、3分)、上澄液を糖度はデジタル糖度計でビタミンCはRQフレックスで測定。

(3) 窒素無機化特性

ビン培養法により、「そば殻発酵堆肥」の窒素無機化量を調べた。黒ボク土(中信試験場内土壌)、灰色低地土(野菜試験場内土壌)の生土 20g に同堆肥の風乾粉碎試料 400mg を混合し、圃場容水量の 60% に水分調整後、30 畑条件で 6 か月間培養(3 連)した。窒素無機化量は、土壌により大差なく、堆肥現物 1 t あたり培養 2 か月で 1kg、4 か月で 1.5kg、半年で 2kg 程度であった(図 4)。

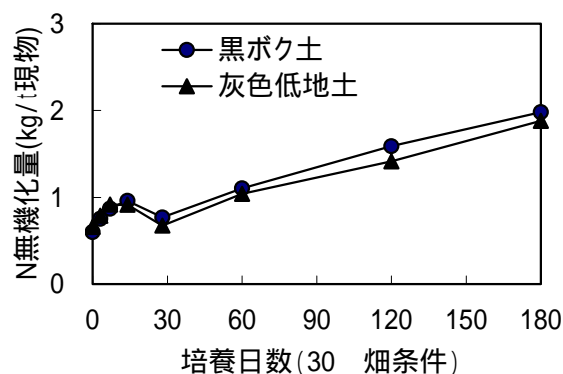


図5 「そば殻発酵堆肥」の窒素無機化量(平19、野菜試)

(4) 分解特性

中信農試験場内で実施した、「そば殻発酵堆肥」による夏レタス - 秋ハクサイ栽培試験圃場(黒ボク土)で、埋設試験を行った。すなわち、平成 17 年 4 月 5 日に、生土 60g と堆肥現物 20g を混合し、不織布製お茶バッグに詰めて深さ 10cm に埋設(3 連)し、上から白黒マルチを被せた。平成 20 年 4 月 14 日までの期間、試料は定期的に回収し、CN コーダー法により全炭素と全窒素を測定した。対照資材は、なたね油粕とした。「そば殻発酵堆肥」の全炭素と全窒素分解率は、類似した分解曲線を示した。全窒素分解率は、埋設半年後で約 10%、1 年後で約 20%、2 年後で約 30% となり、2 年後以降はほぼ一定となった(図 5)。

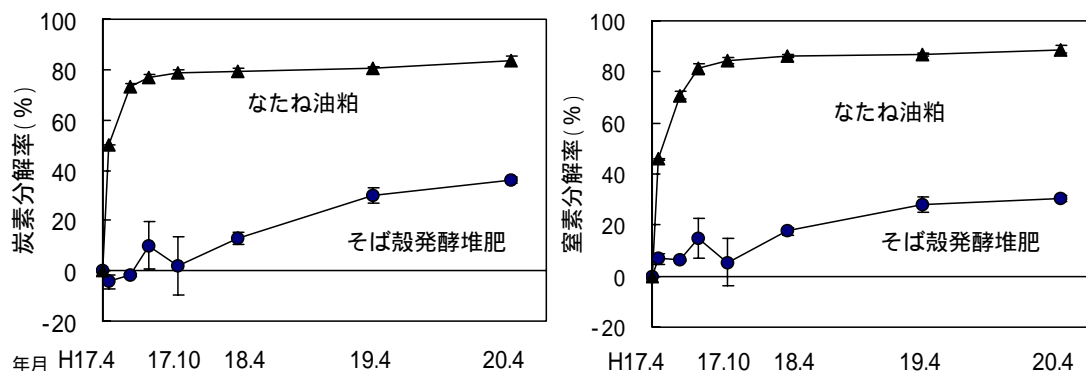


図6 「そば殻発酵堆肥」の炭素と窒素の分解率（平17～20、野菜試）

(5) 土壤理化学性への影響

県内の野菜畑土壤では、可給態リン酸の過剰傾向が続いている。この原因の一つには、多くの有機物で窒素濃度がリン酸濃度より低く、窒素の肥効も低いことが挙げられる。「そば殻発酵堆肥」は、窒素濃度がリン酸濃度より高い特徴がある。リン酸成分が窒素の半分以下と少ない肥料を使用したこともあり、黒ボク土での夏レタス - 秋ハクサイ栽培試験では、「そば殻発酵堆肥」2t/10aを4年連用しても、試験開始時と終了時で可給態リン酸（トルオーグリン酸）はほぼ一定であった（表8）。

表8 夏レタス-秋ハクサイ4年間栽培前後の土壤化学性(平17、20、野菜試)

土壤採取	試験区	pH	EC H ₂ O mS/cm	無機態N mg/100g	トルオーグリン酸 mg/100g	交換性塩基mg/100g乾土 (me比)				
						P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	CaO/MgO
平17	無堆肥標準	6.2	0.03	1.4	27	27	321	52	4.4	4.6
夏レタス	2t標準	6.2	0.03	1.0	28	26	324	55	4.2	4.9
施肥前	2t30%減肥	6.3	0.03	0.4	40	26	357	59	4.3	5.3
4月14日	2t50%減肥	6.3	0.03	0.6	35	27	350	61	4.1	5.2
平20	無堆肥標準	5.9	0.54	1.6	24	16	368	81	3.3	11.8
秋ハクサイ	2t標準	6.0	0.59	13.1	22	23	417	89	3.4	9.1
収穫時	2t30%減肥	6.4	0.33	1.2	34	21	431	91	3.4	10.0
10月28日	2t50%減肥	6.4	0.30	1.2	30	25	426	94	3.3	8.8

表9 夏レタス - 秋ハクサイ栽培期間中の土壤無機態窒素(平17～20、野菜試)

年	試験区	レタス				ハクサイ 収穫期	土壤採取	
		施肥前	定植時	外葉形成	結球期			
平17	無堆肥標準	1.4	-	-	-	22.1	0.1	平17: 施肥前4/5 レタス収穫期6/20
	2t標準	1.0	-	-	-	24.6	1.7	ハクサイ収穫期10/26
	2t15%減肥	0.4	-	-	-	11.6	0.1	平18: 施肥前4/4
	2t30%減肥	0.6	-	-	-	14.6	0.0	レタス外葉形成5/12
平18	無堆肥標準	1.7	-	15.5	-	27.6	1.3	収穫期6/19
	2t標準	1.9	-	47.5	-	18.3	0.9	ハクサイ収穫期10/26
	2t30%減肥	1.9	-	22.0	-	11.7	0.8	平19: 施肥前4/5
	2t50%減肥	1.9	-	5.1	-	10.8	1.3	レタス定植期4/26
平19	無堆肥標準	0.9	6.1	-	6.4	2.8	3.4	結球期6/4
	2t標準	1.4	8.7	-	9.5	8.2	2.9	収穫期6/25
	2t30%減肥	0.6	11.2	-	7.5	3.1	0.2	ハクサイ収穫期10/30
	2t50%減肥	0.3	8.7	-	6.6	2.5	0.0	平20: 施肥前4/14
平20	無堆肥標準	0.3	7.2	2.6	-	0.4	1.5	レタス定植期4/28
	2t標準	0.3	8.2	2.4	-	1.2	1.5	外葉形成5/29
	2t30%減肥	0.2	4.3	2.5	-	0.4	1.2	収穫期6/26
	2t50%減肥	0.3	4.9	0.1	-	0.1	1.1	ハクサイ収穫期10/28

黒ボク土畑における夏レタス - 秋ハクサイ栽培期間中の無堆肥標準施肥区の土壤無機態窒素（深さ 10cm）の消長から、レタス栽培期間中の地力窒素発現量は経年的に低下したことが推察され、夏レタス収量の漸減要因となったと思われる（表 9）。2 t 50% 減肥区のレタスの窒素収支は、レタスの窒素吸収量と均衡しているため、地力窒素が低い圃場では、減肥率を下げる必要がある。一方、秋ハクサイ収量は、4 年の試験期間中では、減肥率と収量に明瞭な差はみられない。原因としては、ハクサイの根域がレタスより深く広いことや、秋ハクサイ栽培期間中の地温が夏レタスより高い（図 3）影響などが考えられる。

表10 夏レタス-秋ハクサイ栽培試験における土壤三相分布(平17、18、野菜試)

試験区	平17			平18					
	夏レタス施肥前(4/5)			秋ハクサイ収穫時(10/26)					
	液相	固相	気相	液相	固相	気相			
無堆肥標準	45.3	31.5	23.2	33.3	28.3	38.3	37.5	29.8	32.7
2t標準	45.3	31.5	23.2	31.7	27.3	41.1	36.6	28.9	34.5

注) 深さ5～10cm(3カ所の平均)。レタスは耕起前、ハクサイ収穫時は株間位置から採取。
 中信農試圃場(黒ボク土)

表11 トマト栽培終了時の土壤三相分布と硬度(平18、野菜試)

試験区	深さ (cm)	液相率 (%)	固相率 (%)	気相率 (%)	土壤硬度 (mm)
無堆肥標準	5～10	17.4	36.8	45.8	7.8
	15～20	21.5	40.8	37.7	18.6
2t標準	5～10	18.0	36.4	45.6	7.2
	15～20	21.2	41.2	37.7	14.7

注) 株横15cmの株間位置。土壤硬度は山中式。
 野菜試圃場(灰色低地土)

「そば殻発酵堆肥」は、原料のそば殻の形状的特性から、土壤物理性改善効果が期待される。そこで、黒ボク土での夏レタス - 秋ハクサイ及び灰色低地土での雨除けトマト栽培試験において、作土の三相分布または硬度を調べた。「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用区では、黒ボク土、灰色低地土のいずれでも、無堆肥区に比べて土壤固相率が低下し、低下程度は黒ボク土で大きくなった（表 10、11）。灰色低地土は、黒ボク土より容積重が大きい（重い）ため、このような差が生じたと考えられる。

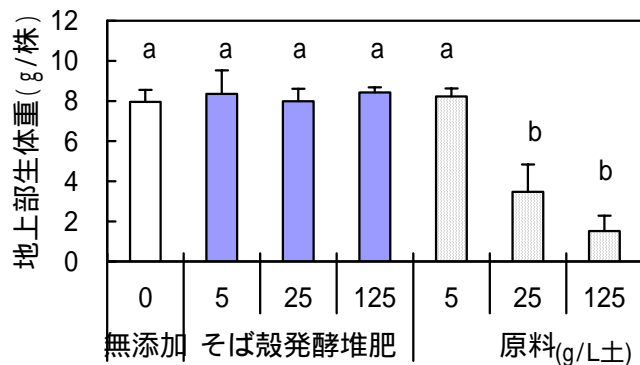
灰色低地土での「そば殻発酵堆肥」2t/10a 施用区の土壤硬度も、無堆肥区より明らかに低下した（表 11）。これらの結果から、「そば殻発酵堆肥」は、土壤の膨軟化に有効であることが推察される。

(6) 幼植物試験

作物の初期生育に対する「そば殻発酵堆肥」の影響を調べるため、幼植物試験を平成 18 年に実施した。すなわち、市販培土（太平培土）と「そば殻発酵堆肥」を現物で 5、25、125g/L 土の割合で混合し、9月20日に10cm黒ポリポットに詰めて、ハウス内へ静置後、9月28日にレタス（極早生シスコ）を移植（1株/ポット、1処理5ポット）し、10月16

日に地上部生体重を測定した。なお、比較として「そば殻発酵堆肥」原料を供試した。

「そば殻発酵堆肥」区では、いずれの添加量でも無添加区と比べてレタス地上部生体重は同等だった。一方、堆肥原料では、5g/L土区で無添加区と同等だったが、25、125g/L土区では、明らかに生育が劣った(図7)。



バーは標準偏差。

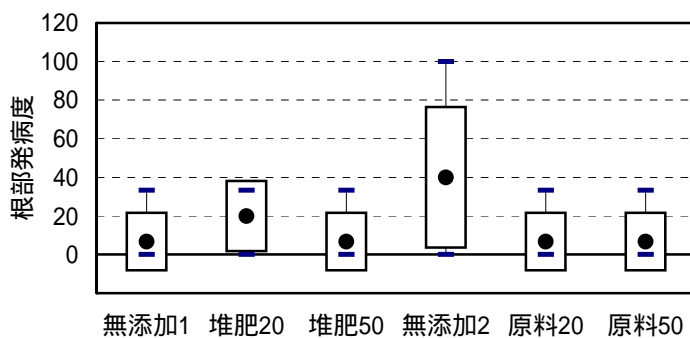
図7 「そば殻発酵堆肥」と原料のレタス幼苗試験(平18、野菜試) 9月28日定植(極早生シス、1株/ポット)、10月16日調査。

(7) レタス根腐病の発病に及ぼす影響

近年レタス産地では、レタス根腐病対策の輪作作物として、ソバの作付けが増えつつある。そこで、「そば殻発酵堆肥」がレタス根腐病の発病に及ぼす影響をレース2自然発病土を使ったポット試験で調べた。なお、比較として「そば殻発酵堆肥」原料を供試した。

無添加区の発病度が比較的低い条件での比較となったが、堆肥20、50g/L土施用区及び原料20、50g/L土施用区の地上部と根部発病度は、無添加区と大差なかった。また、堆肥と原料の発病度にも明瞭な違いはみられなかった(図8)。

このことから、「そば殻発酵堆肥」は、少なくともレタス根腐病の発病を助長する資材ではないことが推察される。



箱は平均値±標準偏差を、ひげは最大値と最小値を示す。

供試土壌

レース2自然発病土壌

pH(H ₂ O)	6.9
リン酸吸収係数	1,819
トルオーグP ₂ O ₅	96
(mg/100g乾土)	

資材20、50g/Lを9月20日に土壌と混和し10cm黒ポリポットへ詰め、かん水・静置後、9月28日に1ポットを1株/ポット移植し、10月16日に調査。1処理5ポット。

図8 レタス根腐病(レース2)の発病に対する「そば殻発酵堆肥」及び原料添加の影響(平18、野菜試)

6 特記事項

[公 開] 制限なし。

[課題名、研究期間、予算区分]

土壤病害に対する土壤肥料的発病抑制技術、平成10～20年度(2003～2008年度)、県単素材開発

野菜・花きに対する新肥料・新資材の効果、平成17～21年度(2004～2006年度)、民間受託