

ホウレンソウの年4作3回不耕起連続栽培における有機物施用が収量・品質と土壤理化学性に及ぼす影響

延安弘行・國田丙午*

キーワード：ホウレンソウ，不耕起栽培，灰色低地土，牛ふん堆肥，油かす

夏秋期のホウレンソウ栽培は、広島県北部の冷涼な地域において約110haで行われている。この地域では、4月から5月にかけて1作栽培し、その後、6月の1ヶ月間は、盛夏期に発生する立枯病等の土壤病害を回避するため、土壤消毒を行う。そして、土壤消毒終了後の7月から10月末までに2作栽培する体系であり、年間3作の作付けとなっている。土壤消毒後の栽培期間においては、同地域での気象条件では3作行うことも可能であるが、実際には、1作後ごとに施肥、耕起及び整地の作業を行う期間を要するため現状の2作となっている。

水稻栽培では、耕起・整地作業を省略した不耕起栽培が、作業能率を向上させる方策として活用されている。この不耕起栽培を栽培期間の短い葉菜類に導入すると、耕起・整地作業の省略による労働時間、燃料費及び機械費を削減でき、作付け回数の増加が見込まれる。しかし、葉菜類の不耕起栽培における施肥法においては、速効性肥料は安価ではあるが、表面施用では流亡、溶脱による肥効低下、条施用では、濃度障害の恐れがあり、播種と施肥の同時作業が困難である（伊藤，2002）。現在、不耕起栽培に適する施肥法として、肥効調節型肥料を用いた方法が検討されており、濃度障害の回避や施肥回数の削減による省力化が図れるといった利点はあるが、肥料コストが高いといった課題がある。

濃度障害を起こしにくい遅効的な肥料として有機質肥料がある。有機質肥料で、安価で多く利用されているものとして油かすがある。この油かすを利用すると、有機質資源の有効利用や特別栽培農産物ガイドライン表示への対応が可能になる利点がある。また、遅効性のため、数作分の施肥を一度に行うことにより施肥回数の削減に

よる省力化が図れるといったことも推察される。とりわけ、今回供試した菜種由来の油かす（以下、油かす）は、窒素に比べリン酸、加里の成分割合が少ないため、土壌中の塩類集積の要因となる可能性が低い。一方、県内産地には、土壌が灰色低地土由来の水田転換畑が多く存在する。また、新規就農または規模拡大時には、水田転換畑で1年目での栽培開始となることが多く、その大部分は、畑地として土壌の理化学性が不良であり、このことが収量が安定しない一因となっている。このような水田転換畑の土壌の理化学性を改善するためには、堆肥の施用が有効であることが報告されている（加藤・米田2001；香西・平木1997；六本木ら1993）。

そこで、水田転換1年目の灰色低地土における雨よけ栽培での夏秋ホウレンソウ栽培で、1作目に施肥・耕起を行い、その後の3作は、耕起作業を省いた年4作3回不耕起連続栽培（以下、年4作3回不耕起連続栽培）を行うとともに、この栽培法に適した油かすを利用した施肥法と牛ふん堆肥施用による土壌の理化学性の改善について検討したので報告する。

材料および方法

1. 栽培概要

試験は、ホウレンソウ‘アクティブ’を用い、農業技術センター（東広島市八本松町）内のビニールハウスにおいて実施した。ホウレンソウは、年4回作付けし、初作目は耕起作業を行い、1作目終了後に立枯病等の土壤病害防除のため土壤消毒を行い、その後3作は不耕起連続栽培の体系とした（図1）。播種は、手押し式播種機で播種し、条間25cm、株間6cm（66株 m⁻²）になるように間引きを行った。土壤消毒は、クロロピクリンを用い、30cm 間隔に1カ所あたり3ml 灌注し、15～20日間ビニール被覆して行った。7～9月は、アルミ蒸着製寒冷紗（遮光率30%）をハウス天井に被覆し遮光した。灌水は、散

本報告の一部は、平成18年日本土壤肥料学会関西支部会において発表した。

* 広島県北部農業技術指導所
平成22年5月18日受理

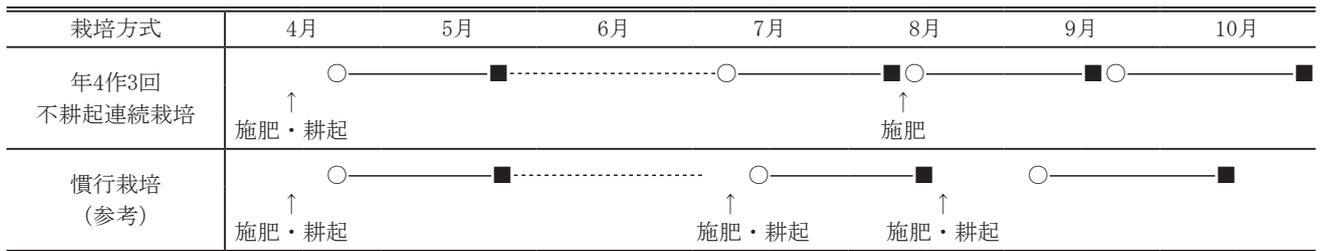


図1 年4作3回不耕起連続栽培と慣行の作付け体系

水型灌水チューブを用い適宜行った。

2. 油かすの施用法の検討 (試験1)

試験は、年4作3回不耕起連続栽培に適する油かすの施用方法を明らかにするために、2002年に行った。供試土壌は水田転換1年目の細粒灰色低地土、灰色系である。処理は、被覆窒素肥料（被覆尿素180日タイプ、窒素：40%，以下被覆肥料）を1作目前に窒素成分として40g m⁻²施用する被覆肥料区、油かす（窒素：リン酸：加里＝5%：2%：1%）を窒素成分として毎作10g m⁻²ずつ施用する毎作10g区、油かすを1作目前と3作目前に分施し、窒素成分施用量をそれぞれ10g m⁻²と30g m⁻²にした10+30g区、20g m⁻²ずつにした20+20g区、30g m⁻²と10g m⁻²にした30+10g区の合計5処理区とした（表1）。1区2.5m²で1連制とした。なお、油かすの施用は、濃度障害の発生を回避するため、毎作10g区は、1作目前は粉状のものを全層に、2作目以降は粒状のものを表面に、他の区は、1作目前に粉状のものを全層に、3作目前に粒状のものを表面に施用した。

表1 油かす施用法の検討 (試験1) における処理区の構成

処理区	窒素施用量 (g m ⁻²)			
	1作目	2作目	3作目	4作目
被覆肥料	40	—	—	—
毎作 10g	10	10	10	10
10 + 30g	10	—	30	—
20 + 20g	20	—	20	—
30 + 10g	30	—	10	—

リン酸と加里は、いずれの処理区もリンスター（リン酸：30%）と被覆加里肥料（被覆硫酸加里180日タイプ、加里：50%）を用い、1作目前にそれぞれ成分で20g m⁻²と40g m⁻²を全層に施用した。播種日と収穫日は、それぞれが1作目4月21日、5月22日、2作目が7月1日、8月1日、3作目が8月11日、9月12日、4作目が9月19日、10月23日とした。

3. 牛ふん堆肥施用法の検討 (試験2)

試験は、牛ふん堆肥の施用法が収量・品質および土壌の理化学性に及ぼす影響を明らかにするために、2002年から2004年まで3年間行った。供試土壌は試験1と同様である。牛ふん堆肥は、オガクズ牛ふん堆肥（窒素：リン酸：加里（現物%）＝0.5%：1.5%：1.0%，水分58%）を用いた。処理区の構成は表2に示したとおり、毎年1作目前に4kg m⁻²施用し、毎作耕起する慣行区、毎年1作目前に4kg m⁻²施用し、年4作3回不耕起連続栽培する区を4kg連用区、さらに、早期の改善を図るために年間施用量の3倍量でその3年間分の36kg m⁻²を1年目の1作目前に一括施用し、2、3年目は施用しない36kg一括区の計3区を設けた。1区2.5m²で1連制とした。

肥料は、試験1と同様の油かすを用い、窒素施用量を年間40g m⁻²とし、牛ふん堆肥由来として肥効率から推定した窒素量を除いた量を1作目前と3作目前に等量ずつ施用した。なお、牛ふん堆肥由来の窒素量は、窒素の肥効率を施用当年では堆肥の全窒素量の20%、2年目以降は10%として算出した。また、油かすについては、慣行

表2 牛ふん堆肥施用法の検討 (試験2) における処理区の構成

処理区	耕起方法	牛ふん堆肥施用量 (kg m ⁻²)			窒素施用量 (g m ⁻² 年 ⁻¹)						
		1年目	2年目	3年目	牛ふん堆肥由来**			油かす			合計 (堆肥由来+油かす)
					1年目	2年目	3年目	1年目	2年目	3年目	
慣行	毎作耕起	4	4	4	4	6	8	36	34	32	18+102
4kg連用	不耕起*	4	4	4	4	6	8	36	34	32	18+102
36kg一括	不耕起*	36	0	0	36	18	18	4	22	22	72+48

* 年4作3回不耕起連続栽培

** 肥効率から推定

区は、毎作粉状のものを全層に、4kg 連用区と36kg 一括区は1作目は粉状のものを全層に、3作目は、粒状のものを表面に施用した。ホウレンソウの栽培は、1作目は4月下旬～5月下旬、2作目は7月上旬～8月上旬、3作目は8月中旬～9月、4作目は9月下旬～10月に行った。

4. 調査方法および分析方法

土壤は、0～15cmの作土を各作収穫後に採土し、化学性の分析方法は、「土壤環境基礎調査における水質および作物体分析法（農林水産省農蚕園芸局農産課編，1979）」に準じて行った。土壤硬度は、3年間栽培した後、即ち、12作栽培後、貫入式土壤硬度計（DIK-5520，Daiki社製）を用い測定した（試験2）。作物体は、試験1では被覆肥料区の、試験2では慣行区の草丈が25cm以上になった時点で全処理区20株ずつ収穫し、収量・品質調査（葉色，硝酸濃度）を行った。葉色は、収穫した株の最大葉について葉緑素計（SPAD-502，ミノルタ社製）を用い、硝酸濃度は、収穫した株の最大葉を葉身と葉柄を分け、新鮮重を測定後、小型反射式光度計（RQフレックス，メルク社製）を用い、建部ら（1995）の方法により測定し、葉身と葉柄の硝酸濃度と重量比により最大葉の硝酸濃度を算出した。

結 果

1. 油かすの施用法の検討（試験1）

1) 生育・品質および収量

ホウレンソウの生育・品質に及ぼす影響を表3に示す。草丈は、被覆肥料区が30.5cmで最も長く、次いで20+20g区、10+30g区および毎作10g区が同等で30+10g区が最も短かった。最大葉の葉身長は、被覆肥料区、10+30g区および20+20g区が同等で、毎作10g区と30+10g区がやや短かった。葉色は処理区間で差はなかった。最大葉の硝酸含量は、1作目、2作目は30+10g区が最も多く、10+30g区が最も少なく、3作目、4作目では被覆肥

料区が最も多かった（表4）。

4作合計の収量は、20+20g区と被覆肥料区が同程度で約9.6kg m⁻²と多く、次いで、10+30g区、30+10g区で、

表3 油かす施用法がホウレンソウの生育・葉色に及ぼす影響

処理区	草丈 (cm)	最大葉	
		葉身 (cm)	葉色 (SPAD値)
被覆肥料	30.5±2.8	14.8±2.0	35.6±3.9
毎作10g	28.1±3.6	14.2±2.0	36.1±3.8
10+30g	28.2±4.0	14.9±2.2	35.7±3.9
20+20g	28.8±3.3	15.0±1.7	35.1±4.8
30+10g	27.0±4.4	14.0±1.9	35.4±3.5

数値は4作の平均値±標準偏差

表4 油かす施用法がホウレンソウの最大葉の硝酸含量に及ぼす影響

処理区	NO ₃ ⁻ (mg kgFW ⁻¹)			
	1作目	2作目	3作目	4作目
被覆肥料	1,724	2,262	5,302	3,945
毎作10g	2,038	1,838	3,076	2,757
10+30g	1,351	1,612	4,109	3,093
20+20g	2,428	2,743	3,968	2,669
30+10g	3,120	2,870	3,806	1,278

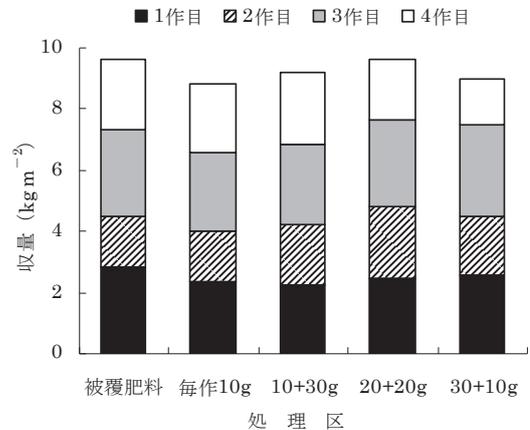


図2 油かすの施肥法が作付け別の収量に及ぼす影響

表5 油かす施肥法が4作後の土壤の化学性に及ぼす影響（風乾土当たり）

処理区	pH (H ₂ O)	EC (dS m ⁻¹)	可給態 P ₂ O ₅	交換性塩基			塩基飽和度 (%)
				CaO	MgO	K ₂ O	
				(mg 100g ⁻¹)			
被覆肥料	6.0	0.21	77.9 (92)	314 (91)	35.2 (88)	31.6 (164)	81 (86)
毎作10g	6.0	0.29	98.5 (84)	327 (99)	39.2 (92)	25.2 (98)	91 (92)
10+30g	6.2	0.18	167.2 (124)	235 (75)	31.0 (67)	51.9 (109)	71 (75)
20+20g	6.1	0.17	107.6 (96)	263 (85)	39.1 (82)	47.3 (114)	80 (85)
30+10g	5.9	0.11	100.8 (94)	245 (82)	36.0 (70)	36.2 (74)	75 (79)

() の内の値は作付け前に対する4作後の割合

毎作10g 区が8.8kg m⁻²と最も少なかった(図2)。20+20g 区は、盛夏期にあたる2作目の収量が他の処理区に比べて最も多かった。

2) 土壌の化学性

作付け前と4作栽培後の作土の化学性を表5に示す。pHは、いずれの処理区とも作付け前に比べ低下し(データ省略), 6.0程度となり処理区間で差はなかった。ECは、作付け前に比べ、毎作10g 区と被覆肥料区は高く、10+30g 区と20+20g 区は同等、30+10g 区は低下した(データ省略)。可給態リン酸は、作付け前に比べ、10+30g 区は増加したが、他の区はやや減少した。交換性石灰は、毎作10g 区は作付け前と同等で、他の区は減少した。交換性苦土はいずれの処理区とも作付け前に比べ減少し、40mg 100g⁻¹以下であった。交換性加里は、作付け前に比べ30+10g 区で減少し、20+20g 区、被覆肥料区で増加し、毎作10g 区以外の油かす施用区で被覆肥料区より多くなった。塩基飽和度は、いずれの処理区とも作付け前に比べ低下し、10+30g 区が最も低下した。

2. 牛ふん堆肥施用法の検討(試験2)

1) 生育・品質および収量

牛ふん堆肥の施用がハウレンソウの生育・品質に及ぼす影響を表6に示す。草丈、葉身長および葉色の12作の平均値は処理区間で差はなかった。各年次においても同様の傾向であった(データ省略)。最大葉の硝酸含量は、1年目は、4作目を除き4kg 連用区が最も高く、2年目は、4作目を除き36kg 一括区、4kg 連用区、慣行区の順に多く、3年目は処理区間で一定の傾向は見られなかった(表7)。

表6 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥施用がハウレンソウの生育・葉色に及ぼす影響

処理区	草丈 (cm)	最大葉	
		葉身 (cm)	葉色 (SPAD 値)
慣行	28.6±4.3	14.8±2.5	33.9±3.5
4kg 連用	28.3±4.0	14.7±2.4	34.5±4.0
36kg 一括	28.6±4.6	15.3±2.5	33.3±4.0

数値は12作の平均値±標準偏差

また、いずれの年も、2作目、3作目が他の作に比べ高かった。収量は、1年目は慣行区が最も多く、4kg 連用区、36kg 一括区がほぼ同量で、2年目は36kg 一括区、4kg 連用区、慣行区の順に多く、3年目は4kg 連用区、36kg 一括区、慣行区の順に多かった(図3)。3年間(12作)合計の収量は、36kg 一括区(27.3kg m⁻¹)、4kg 連用区(27.1kg m⁻¹)が慣行区(25.2kg m⁻¹)に比べ、2年目を以降の収量が増加したことから、慣行区に比較して8%増加した。

2) 作土の理化学性の変化

作付け前、4作後、8作後および12作後の作土の化学性を表8に示す。pHは、12作後には、いずれの処理区においても作付け前より上昇し、処理区間では36kg 一括区が最も低かった。ECは、慣行区と4kg 連用区では、作付け前に比べて8作後までは上昇し、12作後は8作後と同等で、36kg 一括区では12作後まで上昇した。12作後のECは、慣行区が最も高かった。アンモニア態窒素量は、処理区間に差はなく、いずれの区も作付け前に比べ、4作後は減少し、8作後は増加し、12作後は減少した。硝酸態窒素量は、作付け前に比べ、8作後にはいずれの処理区においても増加し、12作後には減少した。12作後では、慣行区が最も高く、他の区は差はなかった。可給態リン酸は、慣行区と4kg 連用区では12作後まで増加し、36kg 一括区では8作後までは増加し、12作後は減少し、12作後では36kg 一括区が最も多かった。交換性石灰はいずれの処理区においても増加し、12作後では36kg 一括区が最も多かった。交換性苦土は、慣行区では12作後まで増加し、4kg 連用区では4作後は増加、8作後はほぼ同等で、12作後は増加し、36kg 一括区では4作後は増加し、8作後、12作後はほぼ同等で、12作後では36kg 一括区が最も多かった。交換性加里は、慣行区と4kg 連用区では8作後までは増加、12作後は減少し、36kg 一括区では4作後が最も多く、その後減少し、12作後は作付け前と同等になった。陽イオン交換容量は、いずれの処理区も8作後までは増加し、12作後は、8作後と差がなく、12作後では36kg 一括区で最も高かった。塩基飽和度は、慣行区では12作後まで増加し、4kg 連用区では4作後は増加し、8作後は減少して、12作後は増加した。36kg 一

表7 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥施用がハウレンソウの最大葉の硝酸含量に及ぼす影響

処理区	NO ₃ ⁻ (mg kgFW ⁻¹)											
	1年目				2年目				3年目			
	1作	2作	3作	4作	1作	2作	3作	4作	1作	2作	3作	4作
慣行	—	5,995	4,158	4,752	1,583	1,609	4,701	2,829	3,090	5,740	4,417	4,063
4kg 連用	—	6,765	5,676	3,036	2,771	2,253	4,796	3,188	2,596	5,896	4,799	2,703
36kg 一括	—	5,390	4,488	2,772	3,501	4,429	5,061	2,731	2,475	4,915	4,875	4,813

—: 未計測

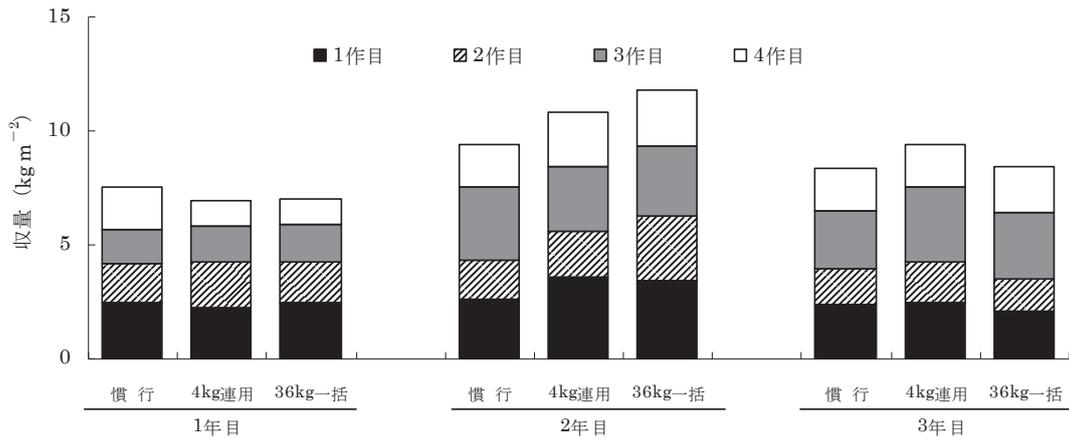


図3 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥の施用がハウレンソウの年次別収量に及ぼす影響

表8 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥の施用が作土の化学性に及ぼす影響（風乾土当たり）

処理区	pH (H ₂ O)	EC (1:5) (dS m ⁻¹)	NH ₄ ⁺ N	NO ₃ ⁻ N	可給態			交換性塩基			CEC (meq 100g ⁻¹)	塩基飽和度 (%)	全炭素 (g 100g ⁻¹)
					P ₂ O ₅	CaO	MgO	K ₂ O					
作付前	5.8	0.04	1.3	0.0	24.3	170	20.2	30.6	12.2	63	1.73		
慣行	4作後	6.8	0.11	0.0	1.0	81.1	294	54.7	43.6	14.4	98	1.77	
	8作後	6.4	0.35	1.6	9.3	80.2	327	65.1	58.8	16.2	100	-	
	12作後	6.7	0.32	0.4	3.5	114.5	389	70.4	48.4	16.2	113	2.11	
4kg連用	4作後	7.1	0.13	0.0	0.1	83.2	339	68.9	51.7	13.7	121	1.96	
	8作後	6.6	0.22	1.3	3.0	109.9	328	64.6	63.9	16.5	98	-	
	12作後	6.8	0.23	0.5	0.1	139.7	443	79.0	58.6	17.3	121	2.73	
36kg一括	4作後	7.7	0.17	0.0	1.6	160.3	414	90.8	107.7	16.3	133	4.19	
	8作後	6.7	0.18	1.0	3.0	180.9	439	86.4	68.3	21.2	101	-	
	12作後	6.5	0.24	0.5	0.3	164.9	462	86.9	34.0	21.7	99	3.36	

表9 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥の施用が12作後の作土の物理性に及ぼす影響

処理区	仮比重	固相率 (V%)
慣行	1.02	39
4kg連用	1.26	49
36kg一括	1.07	44

括区では4作後は増加し、8作後は減少して、12作後は8作後と同等であった。また、12作後では4kg連用区が最も高かった。全炭素は、慣行区と4kg区では12作後まで増加し、36kg一括区では4作後は増加し、12作後は減少した。12作後では、36kg一括区が最も多かった。

12作後の作土の物理性を表9に示す。12作後の仮比重は36kg一括区と慣行区で差がなく、4kg連用区が最も高かった。12作後の固相率は、慣行区が最も低く、4kg連用区が最も高く、36kg一括区は慣行区と4kg連用区の間であった。12作後の土壤硬度は、深さ20cmまでは慣行区が最も小さく、4kg連用区と36kg一括区との差はなく、25cmまでは10~16kgf cm⁻²で推移した (図4)。

考 察

1. 油かすの施用法の検討

油かすを窒素成分で1作前と3作前にそれぞれ10g m⁻²、30g m⁻²施用と20g m⁻²、20g m⁻²施用して栽培すると、ハウレンソウの草丈、最大葉の葉身長、葉色は、被覆肥料を用いたものと差がなかった。1年4作の合計収量は、1作前と3作前に窒素成分で油かすを20g m⁻²ずつ施用すると慣行の被覆肥料を用いた場合と同等であった。本試験で用いた被覆肥料はリニア型の溶出パターンであり、油かすを等量ずつ施用することで、各作毎に供給される窒素量がほぼ一定になり、被覆肥料の窒素溶出パターンと同様の安定した窒素供給となり、生育期間中窒素不足がなかったためと推察される。

また、最大葉の硝酸濃度については、油かすを施用すると慣行の被覆肥料を用いるのとは比べて3作目以降低減された。松本ら (1997) は、細粒灰色低地土、灰色系の土壤において、油かすを施用することにより、化学肥料施用に比べ、窒素の無機化、硝酸化成の遅れによって硝

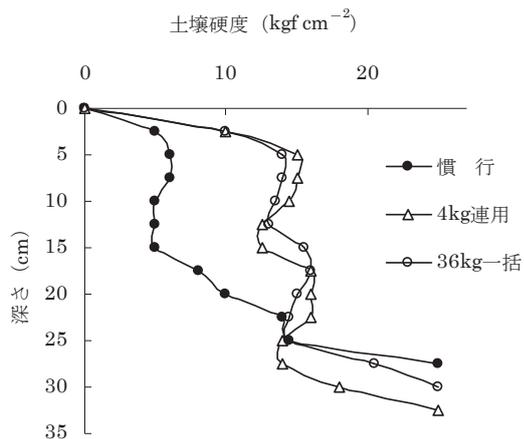


図4 年4作3回不耕起連続栽培と牛ふん堆肥の施用が12作後の土壌硬度に及ぼす影響

酸態窒素の存在量が低く、アンモニア態窒素の存在量が高くなり、硝酸態窒素の吸収が抑制されるため、ハウレンソウ中の硝酸含量が化学肥料を施用した場合に比べ45%程度低減されることを報告している。土壌中の硝酸態窒素等は測定していないが、リン酸と加里は化学肥料を用い、土壌が同じ細粒灰色低地土・灰色系であったことから硝酸が低減される割合は低いと同様な結果となったと考えられる。

跡地作土の化学性について、油かすを1作前と3作前に窒素成分でそれぞれ20g m⁻²施用する等量施肥法では、可給態リン酸の集積は認められず、交換性石灰、苦土は減少することから施用が必要と考えられた。

1年4作の結果であるが、これらの結果から、年4作3回不耕起連続栽培において、肥料として油かすの利用が可能で、施用方法は、窒素成分として1作前と3作前の20g m⁻²ずつ等量施肥することが適すると考えられる。

2. 年4作3回不耕起連続栽培がハウレンソウの収量と土壌の理化学性に及ぼす影響

1年間の牛ふん堆肥施用量4kg m⁻²を1作目前、5作目前、9作目前に施用し、年4作3回不耕起連続栽培を3年12作行った結果、同様に牛ふん堆肥を施用し毎作耕起して栽培したものと比較して、ハウレンソウの草丈、葉身長、葉色は差がなく、収量は、2年目以降の収量が増加し、12作合計で7%増加した。作土の理化学性について、年4作3回不耕起連続栽培では毎作耕起に比較して、CECは差がなく、全炭素は4作後から増加した。12作後の深さ25cmまでの土壌硬度は、10~16kgfcm⁻²で栽培に問題はないと考えられる。

土壌の耕起は土壌有機物の分解速度を早める。年4作3回不耕起連続栽培では年3回の土壌耕起が省略されたこ

とにより、毎作耕起に比べて堆肥の分解速度が遅くなり、土壌の全炭素が増加し、収量が増加したと推察される。しかし、可給態リン酸は8作後110mg 100g⁻¹、12作後140mg 100g⁻¹と100mg 100g⁻¹を超えたため、8作後に土壌診断を行い、それ以降の堆肥、肥料の施用量を決める必要がある。

3. 牛ふん堆肥施用法の検討

年4作3回不耕起連続栽培において、牛ふん堆肥を慣行の年間施用量の4kg m⁻²の3倍量の3年間分36kg m⁻²を初年目の1作前に一括施用して栽培すると、毎年4kg m⁻²連用と比較して、ハウレンソウの草丈、葉身長、葉色、および12作合計収量も差がなかった。12作後の土壌理化学性において、36kg m⁻²を一括施用すると、毎年4kg m⁻²連用と比較して、陽イオン交換容量や全炭素は増加し、仮比重や固相率は低くなり、作土の理化学性の改善が認められた。

香西ら(1997)は、水田土壌(灰色低地土)で水稲-タマネギの作付け体系で、牛ふん堆肥1kg m⁻²と3kg m⁻²を20年間施用すると、3kg m⁻²施用では1kg m⁻²と比較して2年目からタマネギの収量は増加し、CECや全炭素は著しく増加し、仮比重や固相率が低下するとしている。今回のハウレンソウの年4作3回不耕起連続栽培において、堆肥の投入量を増加させた一括施用の処理は、年間施用量の3倍量を3年間分、即ち、9倍量を初年度1作目前に投入し、その後2年間は堆肥施用を行わない処理であり、3年間を通してみると、3倍量を施用したこととなる。施用方法は異なるが、本試験でも堆肥の施用量を増加させることで陽イオン交換容量や全炭素が増加し、仮比重や固相率が低下しており、香西ら(1997)の結果と一致する。

また、耕起の回数が1作目だけの年1回だけである年4作3回不耕起連続栽培は、毎作耕起する場合に比べ、同量の堆肥施用では仮比重や固相率が高まった。耕起による仮比重や固相率の改善が制限される不耕起連続栽培では、堆肥施用による物理性の改善がより期待され、このことから堆肥の施用量を増加させることは重要であると考えられる。

本試験では、36kg m⁻²施用においては、3倍量・3年間分の堆肥を初年度に一括施用する方法を用いた。本施用方法においても3年後の土壌の理化学性は改善されており、さらに作業の省力化を考慮すると有効な方法と考える。なお、今回は、36kg m⁻²を一括施用するとハウレンソウの下葉にクロロシスのようなリン酸過剰による生理障害は発生していないが、土壌中の可給態リン酸は4作後160.3mg100g⁻¹と100mg100g⁻¹を超えた。また、土壌中の交換性石灰、苦土が増加しており、さらには、堆肥中の硝酸態窒素の流亡の増加についての懸念があるため、牛ふん堆肥の一括施用量については今後の検討課題である。

牛ふん堆肥中の肥料成分は、窒素に比べ、リン酸、加里の比率が高く、多量施用するとそれらの集積が予測されるため、本試験では、その対策として、それらの割合の低い肥料としてナタネ油かすを選択したことにより12作後には加里の集積はなかった。また、軟弱野菜栽培において多量の有機物施用による収量の低下（渡辺，2001）や微生物活性の高い土壌では、微生物によりマンガンが不溶化され作物にマンガン欠乏を生じること（後藤ら，2004）が報告されており、4年目以降の牛ふん堆肥、油かすの施用量については、土壌中の硝酸態窒素、可給態リン酸、交換性塩基量等の土壌診断の結果に基づき決定する必要がある。

年4作3回不耕起連続栽培は、慣行の毎作耕起栽培に比べて年3回に耕起と整地および年2回の施肥を省略することができた。近年、牛ふん等の家畜ふん堆肥のハンドリングの向上を目的としてペレット加工した堆肥が開発されている。ペレット堆肥を用いることにより更なる省力化が可能と考えられる。

以上の結果より、灰色低地土の水田転換1年目における雨よけハウスのハウレンソウ栽培において、3年間分の牛ふん堆肥 36kg m^{-2} を初年目の1作前に一括施用し、肥料は油かすを用い、年間の窒素施用量を 40g m^{-2} とし、堆肥由来の窒素量を減じた量を1作前と3作前に等量ずつ施用して年4作3回不耕起連続栽培すると、慣行と同等の収量・品質は同等となる。しかし、リン酸等が作土へ集積するため、4年目以降は土壌診断に基づいて堆肥の施用量、施肥量を決定する。さらには、牛ふん堆肥の一括施用量については検討が必要である。

摘 要

雨よけハウス栽培による夏秋ハウレンソウ栽培において、1作目のみ耕起作業を行い、その後の3作はこの作業を省いた年4作3回不耕起連続栽培における有機物の施用が収量・品質と土壤理化学性に及ぼす影響を検討した。水田転換1年目の灰色低地土では、3年間分の牛ふん堆肥 36kg m^{-2} を初年目1作前に一括施用する。肥料は油かすを用い、窒素施用量は年間 40g m^{-2} とし、堆肥由来の窒素量を除いた量を1作前と3作前に等量ずつ施用する。これにより、早期に土壌の理化学性の改善がなされ、慣行栽培と同等の収量・品質のハウレンソウが得られた。耕起、施肥および堆肥施用労務が省力でき、作付け回数を増やすことが期待できる。しかし、4年目以降は、土壌診断（硝酸態窒素、交換性塩基、塩基飽和度等）に基づいて、堆肥の施用量および施肥量を決定する必要がある。

また、牛ふん堆肥の適正な一括施用量についてはさらに検討が必要である。

謝 辞

本研究の実施にあたり、当センター環境資源研究部（現生産環境研究部）の研究員、技術員、非常勤職員の皆様に多大なご協力を頂いた。また、本報告の校閲にあたり独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構近畿中国四国農業研究センター池田順一博士、広島県立総合技術研究所食品工業技術センター松浦謙吉氏に懇切な指導を頂いた。ここに記して厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- 伊藤豊彰．2002．フィールドから展開される土壌肥料学 6．土肥誌．73：193-201．
- 香西清弘・平木孝典．1997．牛ふん堆肥の連用が土壌の理化学性に及ぼす影響．香川県農業試験場研究報告．49：61-67．
- 加藤雅彦・林 康人・森國博全．2006．無機・有機質肥料施用時における肥料の随伴イオンの種類と量の違いが葉菜類の NO_3^- 含有率に及ぼす影響．土肥誌．77：569-575．
- 加藤哲郎・米田和夫2001．堆肥の長期連用が黒ボク土の理化学性ならびにキャベツとダイコンの収量に及ぼす影響．土壌の物理性．87：3-17．
- 後藤逸男・藤原俊六郎・斉藤雅典・羽賀清典・鈴木浩之・飯田和子・渡辺和彦・片山新太・山本克己．2004．有機物資源の魅力と限界．土肥誌．75：519-527．
- 建部雅子・米山忠克．1995．作物栄養診断のための小型反射システムによる硝酸および還元型アスコルビン酸の簡易測定法．土肥誌．66：155-158．
- 農林水産省農蚕園芸局農産課編．1979．土壌、水質および作物体分析法．大雄社．pp.44-86．
- 松本真悟・阿江教治・山縣真人．1999．有機質肥料の施用がハウレンソウの生育および硝酸、シュウ酸、アスコルビン酸含量に及ぼす影響．土肥誌．70：31-38．
- 六本木和夫・石上 忠・武田正人．1993．稲わら堆肥の連用が沖積畑土壌の理化学性に与える影響．土肥誌．64：27-33．
- 渡辺和彦．2001．有機廃棄物の生物処理の限界—堆肥・メタン発酵・セメント原料化—．季刊肥料．90号：42-48．

Effects of organic matter application on yield and quality of crop, and physical and chemical properties of soil in reduced tillage cultivation of spinach composed of four cultivations in a year with one plough before the first cultivation

Hiroyuki NOBUYASU and Heigo KUNITA

Summary

We investigated the effects of organic matter application on yield and quality of crop, and physical and chemical properties of soil in reduced tillage cultivation of spinach, which is composed of four cultivations in a year, i.e., only one plough before the first cultivation in a greenhouses. A cattle manure compost of 36kgm^{-2} , which is relevant to the total amount of three years, was applied to converted paddy fields of gray low land soil before the first cultivation at the first year. Approximately 40gN m^{-2} of soil cake was applied a year. The same amount of fertilizer except nitrogen derived from compost was applied before the first and third cultivation. As a result, physical and chemical properties of soil were improved at early stage, with similar yield and quality to the conventional cultivation of spinach. Thus, the methods would save labor of plough and application of fertilizer and compost. This method could also increase the times of cultivation. However, it is necessary to determine to the total amount of compost and fertilizer based on the soil diagnosis (nitrate nitrogen, exchangeable base content, base-saturation percentage, etc.) Additionally, further studies should be necessary to determine the optimal amount of the cattle manure compost.

Key words : cattle manure compost, gray low land soil, no tillage upland field cultivation, oil cake, Spinach