

土壌と肥料の混合の強弱がツケナの生育に及ぼす影響

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	吉田, 滯 三浦, 周行 山崎, 篤
巻/号	67巻4号
掲載ページ	p. 413-418
発行年月	1996年8月

土壌と肥料の混合の強弱がツケナの生育に及ぼす影響*1

吉田 濤*2・三浦周行*3・山崎 篤*4

キーワード リン酸質肥料, 黒ボク土, 耕うん, ツケナ, リン吸収量

1. 緒 言

古くから、各種肥料の肥効を上げるために、土壌 pH, 施肥位置, 施用時期, 肥料の種類などについて提言がなされてきた¹⁻³⁾。リン酸質肥料については、特に黒ボク土において、施肥リン酸が速やかに不可給化する事が問題となっており、草地造成などに際しては、まず土壌改良資材としての溶リンの多施用が行われている。また、肥料リン酸と土壌粒子の接触を避けることによって、土壌によるリン酸の固定を抑えるために、リン酸質肥料と堆肥を混合施用することが勧められている⁴⁾。

施肥位置については、肥効増進、肥効調節、環境保全の観点から多く検討されてきたが、黒ボク土畑における肥効増進のためには、リン酸を中心に考えるべきことが提言されている³⁾。

また、室内実験によって、土壌懸濁液の攪拌が土壌によるリン酸の吸着に影響を及ぼすこと⁵⁾、黒ボク土の乾式磨砕によって、有効態リン酸の量が著しく減少すること^{6,7)}などが明らかにされている。これらの原因として、土壌粒子の活性なアルミニウムとリン酸との接触が増すため、また、磨砕によって破壊された土壌粒子からの活性アルミニウム露出量の増加、粒子破壊による活性アルミニウム量そのものの増加などが考えられている。

しかし、耕うんに焦点を合わせた検討はあまりなされておらず、耕うんそのものによって植物の生育、養分吸収がどう影響を受けるかなどについてのデータは示されていない。また、黒ボク土地帯であっても、現場では施肥後のプラウ耕、ロータリー耕などが一般に行われており、これによる施肥リン酸の不可給化については言及さ

れていない。本研究では、前述の室内実験で認められた現象を基に、耕うんを想定した土壌と肥料との混合の強弱によって肥効に差が出るのかどうかを調べて、特に黒ボク土地帯での碎土、耕うんの方法を考える参考にした。そのために、リン酸質肥料の混ぜ込み方法を変えた黒ボク土と灰色低地土にツケナを栽培して、混合の激しさとツケナの生育、収量、養分特にリン酸吸収量の比較、土壌の種類によるちがいなどについて検討した。

2. 材料と方法

供試した野菜はツケナ (大阪しろ菜, *Brassica pekinensis*), 土壌は厚層多腐植質黒ボク土と、中粗粒質灰色低地土である。

栽培概要は第1表のとおりで、下層 15 cm を無肥料、表層 10 cm を作土と仮定して肥料を混ぜ込んだ。栽培は 1992 年秋に黒ボク土を供試して現象を確かめた後、時期を変え、比較のために灰色低地土も供試して、計 3 作試験した。栽培期間は 30~44 日、各区 3 連とした。

栽培期間中は 7 日目ごとに葉数、最大葉長を測定して生育を追い、植物体の乾物重は 70°C 乾燥重量で求めた。植物体の分析には、70°C で乾燥後、コーヒーマルと振動ミルで粉碎したものを供試した。カルシウム (Ca), マグネシウム (Mg), カリウム (K), リン (P) は試料を塩ビディスク上に 10 トンでプレスして蛍光 X 線分析法⁸⁾により、全窒素 (N), 炭素 (C) は酸化コバルトを助燃剤として CN コーダーで定量した。

原土と栽培中 (土壌採取は底を抜いたフィルム管を使用) および跡土 (土壌採取は 100 mL コアサンプラー使用) はできるだけ攪乱を少なくするように配慮して調製した風乾細土 (<2 mm) について、pH, EC は土壌: 水=1:5 で抽出、リン酸吸収係数は常法、有効態リン酸は BRAY 第 2 法 (土壌: 抽出液=1:20), 1 M 酢酸アンモニウムによる陽イオン置換容量 (CEC) と置換性陽イオンの置換、洗浄は遠心分離法によった。Ca, Mg は原子吸光度法、K は炎光光度法によって定量した。硝酸態窒素は、土壌: 水=1:5 で抽出後 CATALDO 法⁹⁾、アンモニア態窒素は土壌: 2 M 塩化カリウム=1:

*1 本報告の一部は 1994 年 4 月、日本土壌肥料学会京都大会において発表した。

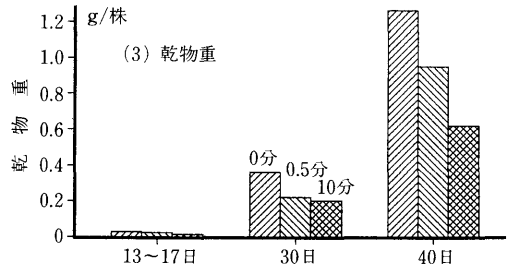
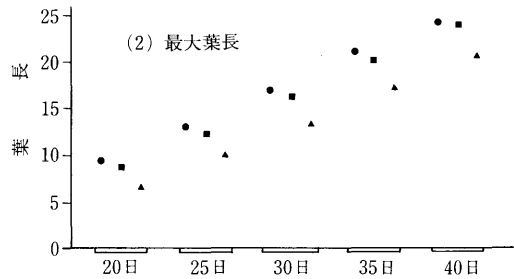
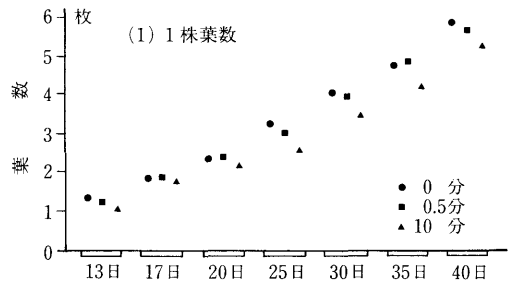
*2 野菜・茶業試験場 久留米支場 (現在、九州農業試験場 861-11 熊本県菊池郡西合志町須屋 2421)

*3 同上 (現在、野菜・茶業試験場 514-23 三重県安濃町草生 360)

*4 同上 (830 久留米市御井町 1823)
1995 年 8 月 21 日 受付・1996 年 1 月 24 日 受理
日本土壌肥料学雑誌 第 67 巻 第 4 号 p. 413~418(1996)

第 1 表 栽培概要

供試野菜：ツケナ(大阪しそ菜)	
供試土壌：黒ボク土	熊本県西合志町， 厚層多腐植質黒ボク土
灰色低地土	福岡県田主丸町， 中粗粒質灰色低地土
コンテナ当たり施肥量：	
'92 秋作	N 3.1 g(硝安)
(黒ボク土のみ)	P ₂ O ₅ 5.1 g(過石，粉末)
	K ₂ O 3.0 g(硫加)
	Mn, B 0.06 g(FTE)
'93 冬，春作	N 2.7 g
	P ₂ O ₅ 黒ボク土 3.4 g
	灰色低地土 2.7 g
	K ₂ O 2.3 g
	Mn, B 0.06 g
35 L	10 cm 黒ボク土 9 kg, 灰色低地土 10 kg に肥料まぜ込み*
コンテナ	15 cm 黒ボク土 13 kg, 灰色低地土 15 kg 無肥料
* 混合 0 分：4 等分した土と肥料をサンドウィッチ状につめる。 混合 0.5, 5/10 分：土と肥料をコンクリートミキサー様攪拌器で回転混合。	
栽培：'92 秋作	1992.10.23~12.2, 17 日目までに 30 株に
'93 冬作	1993.1.13~2.26, 22 日目までに 20 株に
'93 春作	4.26~5.26, //

第 1 図 '92 年秋作の生育経過
(1) 葉数, (2) 最大葉長, (3) 乾物重.

第 2 表 原土の理化学性

	黒ボク土	灰色低地土
土性	LiC	CL
pH(水)	5.53	5.57
EC(dS m ⁻¹)	0.09	0.08
リン酸吸収係数(P ₂ O ₅ g kg ⁻¹)	22.5	8.0
有効態 P ₂ O ₅ (BRAY 第 2 法) (10 ⁻² g kg ⁻¹)	10.5	54.1
CEC (cmol(+) kg ⁻¹)	32.6	17.1
置換性 Ca (//)	6.42	6.23
Mg (//)	1.25	1.48
K (//)	0.63	0.82
塩基飽和度(%)	25.2	49.4
全 N (g kg ⁻¹)	4.2	1.6
全 C (//)	85.0	19.0
NO ₃ -N (10 ⁻² g kg ⁻¹)	1.6	tr
NH ₄ -N (//)	0.8	1.0

5の抽出液の一部を水蒸気蒸留した後、ネスラー法によって比色定量した。活性アルミニウム (Al) 増加の有無を調べるために、1M フッ化ナトリウム (NaF) pH を測定した⁶⁾ (データは文中のみ)。

供試原土の性質は第 2 表のとおりで、両土壌ではリン酸吸収係数が大きく異なることと、それに関連して黒ボク土では有効態リン酸 (P₂O₅) がやや少ないこと、腐植に富むため、CEC, 全炭素, 全窒素含有率が高いなどのちがいがあがる。

3. 結果と考察

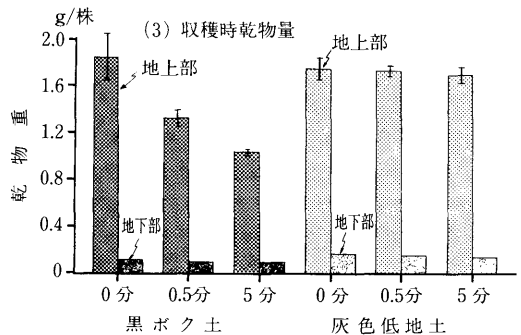
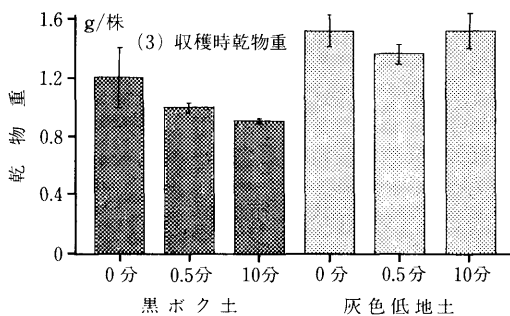
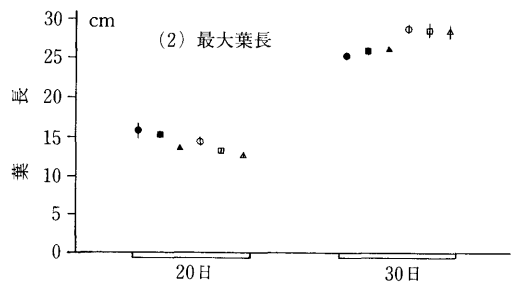
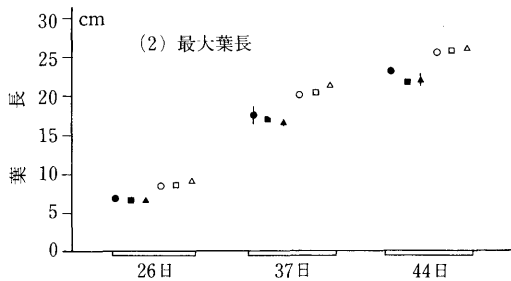
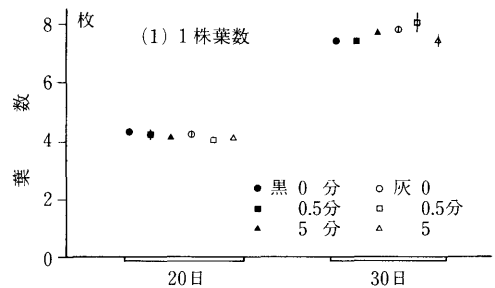
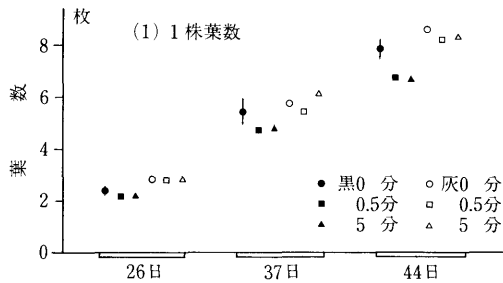
黒ボク土について行った 1992 年秋作の植物体の生育状況を第 1 図に示す。第 1 図 (1), (2) のように、10 分混合で葉数は播種後 25 日目以降やや劣り、葉長は 20

第3表 '92秋作 土壌の養分状態変化 (黒ボク土)

	有効態 P ₂ O ₅ (10 ⁻² g kg ⁻¹)	置換性			NH ₄ -N (10 ⁻² g kg ⁻¹)	NO ₃ -N (10 ⁻² g kg ⁻¹)
		Ca	Mg	K		
20日後						
0分	26.6	11.6	1.52	2.11		
0.5	33.9	12.6	1.41	2.53	ND	ND
10	23.1	12.6	1.61	2.76		
30日後						
0分	22.0	6.74	1.30	0.92		
0.5	33.5	8.84	1.24	1.17	ND	ND
10	24.3	7.24	1.23	1.12		
40日後						
0分	29.3	6.74	1.24	0.72	0.67	0
0.5	29.8	8.09	1.15	0.58	0.92	tr.
10	27.5	7.81	1.19	0.64	0.66	1.61

第4表 '92秋作 植物体の無機成分組成

	Ca	Mg	K	P	N
(10 g(DM kg) ⁻¹ , 地上部)					
20日後					
0分	2.31	0.43	6.27	0.50	7.13
0.5	2.34	0.39	6.48	0.44	7.16
10	2.30	0.37	6.06	0.31	6.75
40日後					
0分	2.74	0.36	5.20	0.54	6.46
0.5	2.51	0.33	6.64	0.43	6.46
10	2.52	0.30	6.71	0.38	6.67



第2図 '93年冬作の生育経過
(1) 葉数, (2) 最大葉長, (3) 乾物重.

第3図 '93年春作の生育経過
(1) 葉数, (2) 最大葉長, (3) 乾物重.

日目から明らかに劣っていた。乾物重は第1図(3)のように、30日目まで無混合と混合区で差が見られ、40日目の収穫時には10分混合では無混合の49%、葉数、葉長では無混合と大きな差の見られなかった0.5分混合でも無混合の75%であった。

この時の土壌の養分状態は第3表のとおりで、有効態リン酸(P₂O₅)には混合による差は見られず、30日目までの置換性カリウム(K)と硝酸態窒素(NO₃-N、跡土についての測定)が混合によって増加した。

植物体の無機養分元素組成を第4表に示す。収穫時の植物体で地上部、地下部ともに混合によってKが増加、リン(P)が減少した。

2作目の1993年冬作の植物体は第2図のようであった。黒ボク土では、特に播種後44日目の収穫時には、葉長(第2図(2))、乾物重(第2図(3))ともに混合区で劣っており(いずれも非混合区と混合区間差は5%有意)、乾物重は10分混合によって無混合の73%ま

で低下した。灰色低地土ではそれらが逆転していたり、または差が小さかったりして、一定の傾向は認められなかった。

3作目、1993年春作では、葉数、葉長には有意差は認められなかったが(第3図(1)、(2))、地上部の乾物重は第3図(3)のように、黒ボク土では0.5分混合で無混合の72%、5分で55%まで減少した(各処理間差5%有意)。灰色低地土では混合による乾物重の減少は見られなかった。第2、3作の跡土の理化学性は第5表のとおりで、1作目と同様に有効態P₂O₅には混合による差は認められなかった。しかし、その2作でも置換性KとNO₃-Nが混合によって増加しており、この傾向は灰色低地土において特に著しかった。

土壌物理性には、灰色低地土で混合によって6.2 kPaから155.4 kPaまでの有効水が減少したが、この時6.2 kPa水分率は著しく減少、155.4 kPa水分率はやや減少しており、粗孔隙の増加と緻密な孔隙の減少の結果と考

第5表 '93 跡土の理化学性

	有効態 P ₂ O ₅ (10 ⁻² g kg ⁻¹)	置換性			NO ₃ -N (10 ⁻² g kg ⁻¹)	体積含水率			正常生育 有効水 (10 ⁻² m ³ m ⁻³)	固相率	仮比重	飽和 透水係数 (m s ⁻¹)
		Ca	Mg	K		6.2 kPa	49.1 kPa	155.4 kPa				
《冬作》												
黒ボク 0分	15.9	5.74	0.89	0.67	7.0	57.1	45.1	42.6	14.5	31.3	0.73	1.5×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	1.83	0.53	0.029	0	0.71	2.34	3.25	2.00			0.03	0.50×10 ⁻⁵
0.5	24.5	6.17	0.76	0.72	9.2	47.0	41.1	38.3	8.7	29.0	0.66	8.3×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	4.90	0.09	0.029	0.067	1.4	1.69	1.52	0.92			0.012	0.17×10 ⁻⁵
10	22.9	6.24	0.74	0.88	16.0	49.2	42.2	39.2	10.0	29.5	0.67	5.3×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	3.21	0	0	0.015	0.7	2.36	1.60	1.41			0.011	0.05×10 ⁻⁵
灰色 0分	60.5	7.73	1.69	0.91	ND	38.8	31.8	28.5	10.3	39.3	0.94	1.3×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	9.08	0.29	0.057	0.045		0.70	0.38	2.85			0.006	0.18×10 ⁻⁵
0.5	60.5	8.48	1.79	1.13	//	34.0	28.9	27.2	6.8	35.7	0.85	5.7×10 ⁻⁴
(σ _{n-1})	7.80	0.42	0.029	0.009		0.92	0.14	0.11			0.008	0.56×10 ⁻⁴
10	66.9	8.86	1.79	1.49	//	32.3	28.5	27.0	5.3	38.7	0.92	6.1×10 ⁻⁴
(σ _{n-1})	9.10	0.53	0.088	0.082		1.03	0.40	0.32			0.02	0.48×10 ⁻⁴
《春作》												
黒ボク 0分	13.3	6.86	1.08	0.40	4.0	54.5	42.4	39.5	15.5	27.0	0.62	6.0×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	1.84	0.88	0.16	0.030	0.37	1.47	0.85	1.24			0.007	0.9×10 ⁻⁵
0.5	14.7	5.86	0.84	0.40	4.3	56.3	44.6	41.7	14.6	27.3	0.62	5.6×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	3.82	0.47	0.13	0.030	0.40	3.32	2.32	1.29			0.014	1.57×10 ⁻⁵
5	17.9	6.30	0.89	0.47	5.3	57.5	45.0	41.9	15.6	28.0	0.64	4.8×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	2.97	0.57	0.070	0.051	0.48	0.69	1.22	1.59			0.011	0.10×10 ⁻⁵
灰色 0分	95.8	6.30	1.27	0.56	7.7	47.2	38.6	32.4	14.8	42.6	1.02	9.0×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	15.2	1.17	0.10	0.048	1.77	3.26	3.67	3.92			0.016	2.97×10 ⁻⁵
0.5	109.5	6.30	1.13	0.56	6.8	48.4	40.2	33.8	14.6	43.8	1.05	7.5×10 ⁻⁵
(σ _{n-1})	26.3	0.34	0.16	0.012	1.21	3.29	3.50	4.43			0.029	1.09×10 ⁻⁵
5	83.4	6.61	1.16	0.87	21.2	35.6	32.5	30.7	4.9	41.7	1.00	1.1×10 ⁻⁴
(σ _{n-1})	18.9	0.99	0.11	0.087	2.90	0.96	1.01	1.23			0.034	0.18×10 ⁻⁴

第6表 植物体の無機養分含有率 (10 g(DM kg)⁻¹)

		Ca		Mg		K		P		
		地上	地下	地上	地下	地上	地下	地上	地下	
'93 春作 (30 日目)	黒ボク	0分	3.32	1.12	0.55	0.22	4.51	4.03	0.42	0.35
		σ_{n-1}	(0.15)	(0.05)	(0.021)	(0.008)	(0.29)	(0.29)	(0.003)	(0.006)
	0.5	3.42	1.23	0.49	0.24	5.39	4.48	0.31	0.28	
		σ_{n-1}	(0.76)	(0)	(0.025)	(0.017)	(0)	(0.12)	(0.009)	(0.015)
	5	3.42	1.20	0.45	0.25	5.50	4.39	0.24	0.24	
		σ_{n-1}	(0.25)	(0.14)	(0.004)	(0.008)	(0.12)	(0)	(0.009)	(0.001)
灰色	0分	2.14	0.70	0.39	0.19	7.21	5.44	0.62	0.49	
		σ_{n-1}	(0.30)	(0.036)	(0.021)	(0)	(0.71)	(0.06)	(0.031)	(0.031)
	0.5	2.02	0.76	0.39	0.19	6.96	4.82	0.55	0.44	
		σ_{n-1}	(0.65)	(0.100)	(0.080)	(0.004)	(0.94)	(0.29)	(0.093)	(0.137)
	5	2.75	1.03	0.44	0.32	6.08	5.12	0.69	0.48	
		σ_{n-1}	(0.15)	(0.071)	(0.013)	(0.026)	(0.29)	(0.29)	(0.062)	(0.061)

'93 冬作 (44 日目 地上部)

		Ca	Mg	K	P	N
黒ボク	0分	3.55	0.39	5.86	0.69	7.29
	σ_{n-1}	(0.05)	(0.013)	(0.06)	(0.061)	(0.71)
	0.5	3.34	0.39	6.23	0.44	6.87
	σ_{n-1}	(0.05)	(0.008)	(0)	(0)	(0.64)
	10	3.23	0.36	6.32	0.39	6.90
灰色	0分	3.09	0.45	6.02	0.70	7.07
	σ_{n-1}	(0.15)	(0.026)	(0.17)	(0.062)	(1.32)
	0.5	2.92	0.43	6.10	0.67	6.47
	σ_{n-1}	(0.20)	(0.017)	(0.29)	(0.31)	(0.32)
	10	2.82	0.40	5.93	0.60	6.30
σ_{n-1}	(0.15)	(0.026)	(0.41)	(0.025)	(0.42)	

えられる。混合による NO₃-N の増加は、このような孔隙の状態の変化が硝化菌の活性化をもたらしたことで、PO₄ との置換脱着によるものと考えられるが、この孔隙変化が固相率、仮比重、飽和透水係数などに影響を与えるには至っていない。

第2, 3作の収穫時の植物体の無機養分含有率を第6表に示す。混合による成分の著しい差異は、やはり両作ともに黒ボク土栽培のPで、0.5分混合で無混合の64~74%, 5~10分混合で57~58%と非常に低くなっていた。地下部のP含有率も低かったが、地上部に比べると低下の程度は少なかった。

3作を通して、黒ボク土では0.5分という短時間でも肥料と土壌の混合によってツケナ収量が減少した。この時、土壌中のBRAY第2法による有効態P量の低下は認められなかったが、植物体中P含有率が著しく低く、混合による生育低下はP欠乏によることが示唆された。なお、NaFpH値には、黒ボク土0分11.42, 5分11.40と、攪拌の影響は認められず、本結果のP欠乏は、活

性Alの増加ではなく、PとAlの接触増によるPの固定の結果と考えられる。

小麦に対する施肥位置の検討から、特に生育初期の植物体中P含有率が全面施肥で著しく低いことが報告されている³⁾が、これは全面全層という施肥位置の問題だけではなく、混合する際の土壌とPとの接触の問題も大きいものと思われる。

4. 結 論

以上のように、混合による土壌の有効態リン酸の減少としては把握できなかったが、僅か30秒の混合で生育・収量の著しく低下した黒ボク土栽培のツケナには特異的にリン含量率が低いことから、土壌と肥料の混合による生育低下はリン酸の不足であり、原因は黒ボクによるリンの固定であろうと推定した。

本試験における混合方法が、現場でのどのような耕うんの方法・強度に相当するのかわからないが、本結果は、黒ボク土地帯においては、施肥位置を問題にするだ

けではなく、施肥後は耕うんをできるだけ控える必要があることを示唆するものであろう。徹底的に攪乱のない施肥法を採ることによって、リン酸質肥料の減肥にも寄与することができると思われる。

5. 要 約

黒ボク土と灰色低地土に過リン酸石灰を施用する時、土壌と肥料の混合の激しさを変えてツケナを栽培したところ、黒ボク土では

① 混合によって、ツケナの葉数、葉長が生育とともに無混合に比べて低下し、乾物重は無混合の62~75%に減少した。

② ツケナの無機養成分の中、混合区のリン含有率が無混合区の58%であった。

③ しかし、BRAY第2法による土壌の有効態リン酸量には混合の有無による一定の傾向は認められなかった。

④ 灰色土壌では上記の差異は見られなかったが、混合によって、置換性カリウム、硝酸態窒素含量が増加した。

⑤ 以上のことから、黒ボク土とリン酸質肥料の混合による生育低下はリンの不足であり、その原因は黒ボク土によるリン酸の固定であろうと推定した。

⑥ 黒ボク土地帯では徹底的に攪乱の無い施肥法を採る、形状としては粒度の大きな肥料を利用するなどが必要であろう。

謝 辞 本研究を遂行するにあたり、土壌の準備、栽

培から調査まで終始ご協力頂きました野菜茶試久留米支場、養成研修生の皆様、蛍光X線分析装置を使用させてくださった九州農業試験場・土壌特性研究室の方々から感謝致します。

文 献

- 1) 原田登五郎：土壌中における作物養分の動態，土壌肥料講座2，小西千賀三・高橋治助編，p. 85~95，朝倉書店，東京（1968）
- 2) 諸岡 稔：畑作物の施肥位置，施肥位置と栽培技術，日本土壤肥料学会編，p. 93~138，博友社，東京（1982）
- 3) 鈴木達彦・藤沼善亮・塚田豊昭：異なる位置に施した肥料の小麦にたいする効果，土肥誌，**37**，218~222（1966）
- 4) 茨城県農試：磷酸並加里肥料不足対策試験成績，茨城県農試臨時報告，第8号，1~69（1944）
- 5) BARROW, N. J. and SHAW, T. C.: Effects of solution: Soil ratio and vigour of shaking on the rate of phosphate adsorption by soil. *J. Soil Sci.*, **30**, 67~76（1979）
- 6) YOSHIDA, M.: Effect of dry grinding on P retention properties of Andosols. *Soil Sci. Plant Nutr.*, **38**, 637~645（1992）
- 7) YOSHIDA, M.: Sand-sized aggregates in Andosols and their role in P retention. *Geoderma*, **54**, 307~322（1992）
- 8) 吉田 澤：蛍光X線分析法による植物体無機成分の定量法の検討，土肥要旨集，**38**，345（1992）
- 9) CATALDO, D. A., HAROON, M., SCHRADOR, L. E. and YOUNGS, V. L.: Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. *Commun. Soil Science and Plant Analysis*, **6**, 71~80（1975）

Effects of Mixing Intensity of Soils and Fertilizers on the Growth of Greens

Mio YOSHIDA, Hiroyuki MIURA and Atsushi YAMASAKI
(Natl. Inst. Veg. Ornamental Plants, Tea)

Calcium perphosphate, ammonium nitrate, and potassium sulfate were added to Andosol and Gray Lowland Soil and mixed with different intensities like at 0, 0.5, and 5 or 10 min with a rotary mixer and greens (*Brassica pekinensis*) were cultivated in 35-L containers. In the case of the 0-min mixing (non-mixing) plot, fertilizers and soil were put in layers alternatively in surface 10 cm.

The following phenomena were obtained with Andosol. The growth of greens was decreased with mixing time even as short as 0.5 min and the dry yield of mixing plots was 62~75% that of non-mixing plot.

Though the decrease of the amount of available P by BRAY's 2nd method was not detected, P content and the amount of P uptake by greens in mixing plots was below 60% that of non-mixing plots. On Gray Lowland Soil, no such result was obtained. The growth inferiority of greens in mixing plots of Andosol was concluded to be due to the P defect, which is the result of P fixation by active Al of Andosol by mixing of P fertilizer and the soil. P fertilizer should, therefore, be applied with little mixing or ploughing in Andosol fields.

Key words Andosol, *Brassica pekinensis*, mixing of soils and fertilizers, P fertilizer, P uptake

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., **67**, 413-418, 1996)