中晩生カンキツ ‘不知火’ の樹体生育と果実品質ならびに細根量に及ぼす土壤改良資材と窒素施肥量の影響

杉山泰之*・江本勇治^a・大城 晃^b

静岡県柑橘試験場 424-0905 静岡市清水区駒越西

Effect of Soil Amendments and Nitrogen Fertilizer Application on Tree and Fine Root Growth and Fruit Quality of Medium-late Maturing Cultivar Citrus ‘Shiranuhi’

Yasuyuki Sugiyama*, Yuji Emoto^a and Akira Ooshiro^b

Shizuoka Prefectural Citrus Experiment Station, Shimizuku, Komagoenisi, Shizuoka 424-0905

Abstract

Effects of applying soil amendments and the rate of nitrogen fertilizer application on tree and fine root growth and fruit quality were surveyed in ‘Shiranuhi’ [‘Kiyomi’ (*Citrus unshiu* Marc. × *C. sinensis* Osb.) × *C. reticulata* Bla.], which shows weak vigor. Soil amendments (bark manure, peat-moss, perlite) were applied to improve the physical condition of the soil and to increase the number of fine roots. Excess supply of nitrogen suppressed fine root development, and enhanced the peel ratio and concentration of soluble solid (Brix) in fruits. The effect of an excess supply of nitrogen was about twice as strong as those obtained from the application of soil amendments. Applications of soil amendments and the conventional amount of fertilizer were necessary to improve tree vigor and the number of fine roots.

Key Words : bark manure, peat-moss, perlite, tree vigor

キーワード : バーク堆肥, ピートモス, パーライト, 樹勢

緒 言

中晩生カンキツの‘不知火’（‘清見’×‘中野3号’ボンカン）は糖度が高く、肉質佳良で、香りが良く、食べやすいことから、産地・市場・消費者の人気の高い。このため、1990年ころから、熊本県をはじめ全国のカンキツ産地に急速に広がり、1997年からは品質の特に良いもの（糖度13度以上、酸度1.0%以下）については、商標登録名「デコポン」として、市場に流通している（河瀬, 1999a）。2001年の生産面積は2,345 ha、生産量は27,927 tであり、年々増加傾向である。

しかし、この品種は樹勢が弱いため、樹冠拡大が遅く、新梢が枯死したり、収量が不安定になったりするなど、栽培が難しい。また、特に樹勢が弱い樹では果汁の酸度が高くなりすぎるなどの問題点も確認されており、樹勢強化のための様々な対策が行われてきた（平山ら, 1996; 加美ら,

1998; 河瀬, 1999b）。

また、生産現場では樹勢を強くし、収量を増加させたいため、一部では多肥栽培が行われていた（岡島, 1999）。

一方、樹勢の弱い園では、細根の少ないことが観察されており、その原因として、着果過多と根圏土壤環境の悪化（過湿と乾燥、多肥による土壤溶液濃度の上昇、未熟堆肥施用による硫化水素、メタンガス、一酸化炭素の発生、土壤物理性の悪化（気相率の減少））などが論じられてきた（河瀬, 1999b; 北園ら, 2000; 高原, 1999）。

‘不知火’は比較的新しい品種であることから、施肥試験の報告は少なく、土壤改良資材と窒素施肥量とを組み合わせた試験例はない。そこで、筆者らは‘不知火’に対し、土壤改良資材、窒素施肥量が、土壤物理性、細根量、樹体生育、果実品質に及ぼす影響を調査した。その結果、‘不知火’の細根量を増加及び減少させる土壤改良資材と窒素施肥量の組合せの知見が得られたので報告する。

材料および方法

供試樹は1999年4月に静岡県柑橘試験場内の無底6角形コンクリート枠（面積：6 m²、土壌タイプ：礫質灰色台地土、土性：埴壤土（CL）、土壌pH：5.0～5.4）に60 Lポットで育成した5年生‘不知火’（カラタチ台）を植栽し、

2005年8月15日 受付. 2006年2月20日 受理.

本報告の一部は園芸学会平成15年春季大会で発表した。
本研究は農林水産省助成事業（地域基幹農業技術体系化促進研究）によって行われた。

* Corresponding author. E-mail: yasuyuki1_sugiyama@pref.shizuoka.lg.jp

^a 現在：静岡県環境衛生科学研究所 ^b 退職

第1表 供試要因と水準の内容

要 因	第1水準	第2水準	第3水準	第4水準
A: 土壌改良資材 ²	A ₁ : パーク堆肥 (50 t/ha)	A ₂ : ピートモス (8 t/ha)	A ₃ : パーライト (6 t/ha)	A ₄ : 無施用
B: 窒素施肥量	B ₁ : 半量	B ₂ : 標準量	B ₃ : 2 倍量	B ₄ : 3 倍量
C: ゼオライト施用量	C ₁ : 無施用	C ₂ : 少 (5 t/ha)	C ₃ : 中 (20 t/ha)	C ₄ : 多 (50 t/ha)

² 植付け時 (1999 年 4 月) 施用量, 2000 ~ 2003 年の 2 月に植付け時の半量を施用

1 A ₄ B ₁ C ₁	2 A ₁ B ₂ C ₁	3 A ₂ B ₃ C ₁	4 A ₃ B ₄ C ₁
5 A ₁ B ₁ C ₂	6 A ₄ B ₂ C ₂	7 A ₃ B ₃ C ₂	8 A ₂ B ₄ C ₂
9 A ₂ B ₁ C ₃	10 A ₃ B ₂ C ₃	11 A ₁ B ₃ C ₃	12 A ₄ B ₄ C ₃
13 A ₃ B ₁ C ₄	14 A ₂ B ₂ C ₄	15 A ₄ B ₃ C ₄	16 A ₁ B ₄ C ₄

第1図 試験区処理の内容

第2図 根量調査の堀上位置

第2表 異なる土壌改良資材と窒素施肥量が土壌物理性に及ぼす影響 (三相分布: pF1.5)

要 因	水 準	1 年目 (1999 年)				4 年目 (2002 年)			
		仮比重	固相 ²	液相	気相	仮比重	固相	液相	気相
A: 土壌改良資材	パーク堆肥	1.05ab ^y	39.6b	17.3	43.2a	1.14b	45.1b	21.5	33.4
	ピートモス	1.00b	38.7b	17.1	44.3a	1.17b	45.5b	21.9	32.6
	パーライト	1.06ab	42.8ab	18.3	38.9a	1.23b	47.9b	19.3	32.8
	無施用	1.18a	45.8a	19.1	35.2a	1.37a	52.5a	22.0	25.5
B: 窒素施肥量	半量	1.12	43.2	18.4	38.5	1.24	47.5	21.8	30.7
	標準量	1.05	41.1	18.7	40.3	1.23	47.8	20.7	31.5
	2 倍量	1.03	40.0	16.0	44.1	1.24	48.4	21.1	30.5
	3 倍量	1.09	42.7	18.7	38.7	1.21	47.3	21.0	31.6
C: ゼオライト施用量	無施用	1.11	40.7	17.4	41.9	1.23	48.3	24.6	27.1
	少	1.04	43.0	20.3	36.8	1.23	48.0	20.3	31.7
	中	1.11	40.2	16.6	43.2	1.22	46.9	18.7	34.4
	多	1.05	43.0	17.5	39.6	1.24	47.8	21.1	31.1
分散分析 ^x	土壌改良資材	**	**	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.
	窒素施肥量	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	n.s.	△	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

² 固相, 液相, 気相は, arcsin 変換した値について統計処理を行った

^y Tukey の多重検定により, 同符号間には 5% 水準で有意差のないことを示す

^x F 検定: ** は 1%, * は 5%, △ は 10% で有意差あり, n.s. は有意差なしを示す

2003 年 3 月まで調査した。

供試した要因と水準は, A: 土壌改良資材 (パーク堆肥, ピートモス, パーライト, 無施用), B: 窒素施肥量 (半量, 標準量, 2 倍量, 3 倍量), C: ゼオライト施用量 (無施用, 少, 中, 多) である (第1表)。本試験では, 樹勢強化と根量増加について 3 つの要因 (土壌物理性, 窒素施肥量, 塩基置換容量) 4 水準の処理区が必要であったこと, また, 供試樹の数が限られていたこと等の理由から, 効率よく試験を進めるため, 要因と水準をラテン方格法に割り付けて実

施した (第1図)。

年間窒素施肥量は, 標準量区で 1 株当たり 1999 年: 90 g (150 kg/ha), 2000 年: 120 g (200 kg/ha), 2001 年: 136 g (227 kg/ha), 2002 年: 152 g (253 kg/ha) と供試樹の生育にしたがって増施肥し, 3 月, 6 月, 7 月, 8 月, 10 月に硫酸アンモニウムで年間窒素施肥量の 20% ずつを施用した。また, リン酸は窒素施肥量 (標準量区) の 50% を重焼リンで, カリウムは窒素施肥量 (標準量区) と同量を硫酸カリウムで, 全処理区とも同一量を施用した。

第3表 異なる土壌改良資材と窒素施用量が樹体生育量に及ぼす影響

要 因	水 準	1999 年 4 月 30 日 (植栽時)				2003 年 3 月 20 日 (植栽 4 年後)				増加量			
		幹周	樹幅	樹高	樹冠容積	幹周	樹幅	樹高	樹冠容積	幹周	樹幅	樹高	樹冠容積
A : 土壌改良資材		cm	cm	cm	m ³	cm	cm	cm	m ³	cm	cm	cm	m ³
	パーク堆肥	11.5	125	160	1.75	23.9	208	210	6.36	12.4	82.5	50.0	4.61
	ピートモス	12.3	131	178	2.10	25.3	202	224	6.34	13.1	71.3	46.3	4.24
	パーライト	11.7	119	171	1.71	24.4	210	218	6.79	12.7	90.6	46.3	5.08
	無施用	11.4	133	174	2.14	21.4	186	188	4.58	10.1	53.8	13.8	2.43
B : 窒素施肥量	半量	11.5	121	169	1.73	22.8	196	210	5.71	11.4	75.0	41.3	3.97
	標準量	12.2	134	169	2.14	25.1	211	208	6.61	12.9	76.9	38.8	4.47
	2 倍量	12.0	124	169	1.80	24.5	194	211	5.57	12.5	70.6	42.5	3.78
	3 倍量	11.1	129	176	2.04	22.7	204	210	6.18	11.6	75.6	33.8	4.14
C : ゼオライト施用量	無施用	11.3	120	173	1.74	24.0	205	214	6.41	12.6	85.0	41.3	4.67
	少	11.5	135	171	2.19	23.1	198	210	5.79	11.6	62.5	38.8	3.60
	中	12.1	131	176	2.08	24.9	200	218	6.15	12.8	68.8	41.3	4.07
	多	11.8	121	163	1.69	23.1	203	198	5.71	11.2	81.9	35.0	4.02
分散分析 ^z	土壌改良資材	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	△	n.s.
	窒素施肥量	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

^zF 検定 : △は 10% の危険率で有意差あり, n.s. は有意差のないことを示す

第4表 異なる土壌改良資材と窒素施用量が土壌化学性および葉中無機成分含有率に及ぼす影響 (2000–2002 年平均)

要 因	水 準	土壌化学性			葉中無機成分含有率		
		pH	EC	CEC ^z	窒素	リン	カリウム
A : 土壌改良資材			mS/m	me/100 g	%	%	%
	パーク堆肥	5.03	19.9	22.4	2.92	0.173	1.28
	ピートモス	5.05	21.0	21.6	2.95	0.168	1.39
	パーライト	5.07	21.0	19.7	3.02	0.179	1.37
	無施用	4.96	20.8	20.4	3.12	0.172	1.27
B : 窒素施肥量	半量	6.05a ^y	10.7	20.5	2.78a	0.208a	1.50
	標準量	4.99b	27.3	21.0	2.98b	0.166b	1.35
	2 倍量	4.72b	23.4	22.1	3.12b	0.160b	1.30
	3 倍量	4.34b	21.3	20.6	3.14b	0.157b	1.16
C : ゼオライト施用量	無施用	5.24	15.4	18.6a	3.02	0.166	1.28
	少	4.85	19.7	17.7a	3.01	0.179	1.35
	中	4.88	24.6	22.4ab	3.01	0.171	1.33
	多	5.13	23.0	25.6b	2.97	0.174	1.36
分散分析 ^x	土壌改良資材	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	窒素施肥量	**	n.s.	n.s.	**	*	n.s.
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

^zCEC の分析は 2000 年のみ実施^yTukey の多重検定により, 同符号間には 5% 水準で有意差のないことを示す^xF 検定 : ** は 1%, * は 5% で有意差あり, n.s. は有意差のないことを示す

摘果は 7 月上旬に葉果比 150 を目途に行い, その他の栽培管理は慣行に従った。

土壌物理性の調査は作土層 (土壌表面より深さ 30 cm までの範囲) について実施し, 植付け年 (1999 年) と 4 年後 (2002 年) の 12 月に実容積法により, pF 1.5 における三相分布を調査した。

土壌化学性の調査は, 2000 ~ 2002 年の 12 月に作土層の土壌を採取し, pH は水抽出によりガラス電極法で, EC は 1 : 5 水抽出法により電気伝導率計 (EC-Meter CM-14P, 東亜

電波工業) で測定した。塩基置換容量 (以下 CEC とする) は 2000 年のみ, ショーレンベルガー法で分析した。

樹体生育の調査は 1999 年 4 月 ~ 2003 年 3 月の成長量 (幹周, 樹幅, 樹高, 樹冠容積) について行った。

葉中無機成分含有率は 2000 ~ 2002 年の 12 月に春葉を採取し, 窒素は NC アナライザー (スミグラフ NC-800, 住化分析センター) で, リンとカリウムは ICP 発光分光分析装置 (SPS3000, セイコーインスツルメンツ) でそれぞれ分析した。

果実は 2001 ~ 2003 年の 2 月中旬に採取し, 果実収量,

第5表 異なる土壌改良資材と窒素施用量が収量、果実品質に及ぼす影響

要 因	水 準	果実収量 (kg)			果実品質								
					果皮率 (%)			糖度 (Brix°)			酸度 (%)		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
A : 土壌改良資材	バーク堆肥	6.5	13.5	16.6	27.0	24.2	25.8	14.5	15.3	17.4	1.35	1.05	1.23
	ピートモス	8.2	9.3	14.2	26.7	22.2	24.5	15.0	15.9	17.4	1.33	1.03	1.15
	パーライト	8.2	8.7	14.8	26.1	25.2	25.2	14.2	16.0	17.9	1.25	1.03	1.19
	無施用	5.2	7.8	8.3	24.3	24.0	25.7	14.8	17.1	18.0	1.34	1.26	1.24
B : 窒素施肥量	半量	5.0	8.9	12.0	22.7	19.0a	21.8a	14.0	16.0	16.3a	1.25ab	1.08	1.11
	標準量	6.4	10.8	13.3	23.5	23.5ab	24.9ab	14.2	15.6	17.9b	1.23b	1.01	1.20
	2 倍量	6.8	10.6	15.7	28.2	26.6b	27.7b	15.2	16.1	18.4b	1.34ab	1.14	1.28
	3 倍量	9.9	9.0	12.9	29.7	26.7b	26.9b	15.1	16.6	18.1b	1.45a	1.15	1.22
C : ゼオライト施用量	無施用	9.0	6.6	12.6	27.6	24.0	25.5	14.8	15.6	17.9	1.39	1.08	1.16
	少	6.2	8.6	14.3	25.7	24.7	26.5	14.6	16.2	17.9	1.33	1.09	1.28
	中	4.9	11.6	12.5	24.2	23.9	23.4	14.9	16.2	17.0	1.26	1.16	1.15
	多	8.1	12.5	14.5	26.5	23.1	25.8	14.2	16.4	17.9	1.27	1.06	1.22
分散分析 ²	土壌改良資材	n.s.	n.s.	△	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	窒素施肥量	n.s.	n.s.	n.s.	△	*	**	△	n.s.	**	*	n.s.	n.s.
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	△	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

² Tukey の多重検定により、同符号間には 5%水準で有意差のないことを示す³ F 検定 : ** は 1%, * は 5%, △は 10%で有意差あり, n.s. は有意差のないことを示す

第6表 異なる土壌改良資材と窒素施用量が収穫時の果皮色に及ぼす影響

要 因	水 準	L* 値			a* 値			b* 値			a*/b*×100		
		2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003	2001	2002	2003
A : 土壌改良資材	バーク堆肥	63.0	61.0	60.1	32.7	29.8	32.5	65.5	60.8	61.3	49.8	49.0	52.9
	ピートモス	63.1	61.5	60.2	30.6	30.0	32.1	64.5	62.2	61.2	47.4	48.3	52.5
	パーライト	63.0	60.7	59.8	31.1	30.3	32.4	65.2	60.7	60.5	47.7	49.9	53.5
	無施用	63.5	60.4	59.8	31.5	30.5	32.2	64.5	62.3	60.8	48.9	49.0	52.9
B : 窒素施肥量	半量	63.4	62.9	61.2	31.9	30.9	34.5	64.7	65.1	62.9	49.3	47.5	54.8
	標準量	63.1	61.0	60.0	31.6	30.3	32.7	64.7	61.4	61.1	48.9	49.5	53.5
	2 倍量	63.2	60.2	59.4	32.7	29.2	30.6	66.3	59.5	59.7	49.2	49.1	51.3
	3 倍量	63.0	59.5	59.4	29.7	30.1	31.4	64.1	60.0	60.1	46.4	50.1	52.2
C : ゼオライト施用量	無施用	63.4	60.6	59.5	30.7	30.6	32.6	64.5	62.3	60.0	47.6	49.2	54.3
	少	63.2	60.7	59.9	31.3	29.9	31.9	64.4	60.2	60.4	48.5	49.7	52.8
	中	62.7	60.8	60.8	33.1	29.9	32.2	66.4	60.9	62.6	49.9	49.1	51.4
	多	63.3	61.4	59.8	30.8	30.2	32.4	64.4	62.5	60.8	47.8	48.2	53.3
分散分析 ²	土壌改良資材	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	窒素施肥量	n.s.	*	**	n.s.	*	**	n.s.	△	*	*	n.s.	*
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	△

² F 検定 : ** は 1%, * は 5%, △は 10%で有意差あり, n.s. は有意差のないことを示す

果実品質（果皮率、糖度、酸度、果皮色）を調査した。果皮色は測色色差計（TC-1500-MC、東京電色）で測定した。

根量調査は植付け 4 年後の 2002 年 8 月下旬に行い、掘取り法（主幹から 30 ～ 120 cm、角度 60° の扇型、深さ 30 cm、3 か所／樹（第 2 図））により、水で洗浄後、山内（1996）の分類に従い、細根（直径 2 mm 以下）と中小根（直径 2 ～ 20 mm）に分け、105°C で 3 日間以上乾燥後、乾物重を計測した。また、掘り取った細根から新鮮重で 10 g を採取し、O₂ アップテスター（O₂ アップテスター 10B、タイテック）により細根の呼吸量を測定するとともに実体顕微鏡（15 倍）

で細根の状態を観察した。

結 果

土壌物理性に及ぼす処理の影響は、植付け初年度および 4 年後において、ともに土壌改良資材の種類についてみられ、いずれの土壌改良資材も気相率を増加、固相率を減少させた。バーク堆肥とピートモスで特に効果が高かった（第 2 表）。

樹体生育量に及ぼす影響は土壌改良資材の種類についてみられ、バーク堆肥、ピートモス、パーライトのいずれか

第7表 異なる土壌改良資材と窒素施肥量が根量と根活性に及ぼす影響

要 因	水 準	根量 (乾物重)			根活性
		細根	中小根	合計	呼吸量
		g	g	g	$\mu\text{molO}_2/\text{dw.g/h}$
A : 土壌改良資材	バーク堆肥	103.8	33.1	137.0	18.5
	ピートモス	95.7	34.7	130.4	16.2
	パーライト	89.4	38.6	128.0	16.5
	無施用	51.3	17.8	69.1	15.2
B : 窒素施肥量	半量	92.4ab ²	34.2	126.6	17.2
	標準量	122.9a	37.9	160.8	17.3
	2 倍量	71.2ab	23.5	94.8	16.4
	3 倍量	53.6b	28.7	82.3	15.3
C : ゼオライト施用量	無施用	81.0	22.9	103.9	17.0
	少	71.7	28.1	99.8	15.3
	中	99.6	45.3	144.9	18.2
	多	87.9	27.9	115.8	15.8
分散分析 ³	土壌改良資材	△	n.s.	n.s.	n.s.
	窒素施肥量	*	n.s.	n.s.	n.s.
	ゼオライト量	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

² Tukey の多重検定により, 5% の危険率で同一符号間に有意差のないことを示す³ F 検定: * は 5%, △ は 10% で有意差あり, n.s. は有意差のないことを示す

第8表 細根量の分散分析表

要 因	水準に付与される係数				平方和 (SS)	自由度	分散 (MS)	F 値 (確率)		寄与率 (%)
	1	2	3	4						
A : 土壌改良資材	18.8 ²	10.6	4.3	-33.7	6487	3	2162	3.32	(-0.093)	20.0
B : 窒素施肥量	7.4ab ³	37.9a	-13.8ab	-31.5b	10683	3	3561	5.48**	(0.037)	38.4
C : ゼオライト量	-4.1	-13.4	14.6	2.9	1667	3	556	0.86		0.0
e : 誤差					3900	6	650			41.6
合計					22737	15				100

² 総平均は 85.1 g³ Tukey の多重比較により, 同符号間には 5% の危険率で有意差のないことを示す⁴ F 検定により, * は 5% の危険率で有意差のあることを示す

を施用することで無施用区より樹高の増加量が大きくなった (第3表)。

土壌 pH に及ぼす影響は, 窒素施肥量で認められ, 標準区, 2 倍量区, 3 倍量区で, 半量区より pH は有意に低くなった。しかし, EC 値に各処理間の差は認められなかった (第4表)。また, ゼオライトを施用することで CEC は高くなった。

葉中無機成分は, 窒素施肥量の半量区で他の区より窒素含有率が低く, リン含有率が高くなった (第4表)。

果実収量に及ぼす影響は2003年の土壌改良資材についてみられ, バーク堆肥, ピートモス, パーライトを施用することで, 無施用区より収量が多くなった。

果実品質には窒素施肥量の影響が認められ, 窒素施肥量が2 倍量区, 3 倍量区では, 果皮率が半量区, 標準量区より高くなった。また, 糖度は2001年と2003年で標準量区は半量区より高くなった。酸度は2001年に3 倍量区で高くなったが, その他の年では差が小さかった (第5表)。果皮

色は施肥量により色調が異なり, 窒素施肥量が多いほど L* 値, a* 値, b* 値, $a^*/b^* \times 100$ が低くなった (第6表)。

植付け4年後の細根量に及ぼす影響は土壌改良資材の種類と窒素施肥量についてみられ, 土壌改良資材を施用すると細根量が増加し, 窒素施肥量が多いほど細根量は減少した (第7表)。

細根を実体顕微鏡で観察したところ, 施肥量が少ない窒素半量区および標準量区では細根が白く, 量も多かった (第3図A)。しかし, 窒素施肥量の3 倍量区では細根の褐変と腐敗がみられ (第3図B), 細根の表皮および皮層が崩壊し, 中心柱のみのものが多いことが確認された。

根の呼吸量については, 統計的な有意差はみられなかった。

細根量に及ぼす影響について, 寄与率を算出した結果, 窒素施肥量の寄与率が38.4%で最も高く, 最も強い影響を及ぼしていた (第8表)。また, 土壌改良資材の寄与率も20.0%であった。

第3図 異なる窒素施肥量が細根に及ぼす影響
(A) 窒素半量区
(B) 窒素3倍量区

分散分析表から、細根を最も増加させる組合せは、パーク堆肥+窒素標準量施用で、133.6 gの細根の乾物重が期待され、最も細根を減少させる組合せは、土壤改良資材無施用+窒素3倍量施用で19.9 gが期待された。

考 察

パーク堆肥とピートモスは土壤の膨潤化、保水性の向上、パーライトは透水性や保水性の向上の効果があるとされている(尾和, 1996; 岩間, 1996)。そこで窒素成分の含まれる有機物の土壤改良資材としてパーク堆肥、窒素成分が極めて少ない有機物の土壤改良資材としてピートモス、窒素成分のない無機質の土壤改良資材としてパーライトを選んだ。

有機物などの施用によるカンキツ園の土壤物理性改善効果は過去にも報告されている(岩切ら, 1988; 峯・小田, 1984)。今回の試験で使用した、パーク堆肥、ピートモス、パーライトは、いずれも土壤の固相率を低くし、4年後においても土壤物理性の改善効果が認められた(第2表)。

岩切ら(1988)は山中式硬度計で21以上、古河(1972)、小野ら(1986)は24~25以上で細根量がみられなくなったことを報告している。一方、峯・小田(1984)により、細根の分布が少ない層では粗孔隙が10%以下、固相50%以上を示す土壤が多かったと報告されている。また、古河(1972)は主として毛管孔隙率と固相率が、ウンシュウミカン樹の根の伸長に關与すると推定している。これらのことから本研究においても、土壤改良資材の施用が固相率を低下させ、その結果‘不知火’の細根量を増加させたものと考えられた。

窒素の施肥量とウンシュウミカンの細根量との関係は、施肥量が多いほど根量が少なくなることが示されており(金子ら, 1970; 西田, 1982; 小笠原ら, 1967)、岡島ら(1998)も‘不知火’の施肥量が標準量の1.5倍で細根が少なくなったことを報告している。本研究においても、施肥量が増加するほど減少した(第6表)。また、掘り取った細根の状態は、施肥量の少ない区では白いものの、施肥量の多い区では褐色の細根が多くみられた(第3図)。

ウンシュウミカン園では土壤pHが4以下になると根の生育が劣ること(古河, 1972)が報告されているが、今回の試験では、すべての区でpH4以上であることから、別の原因が考えられた。

一般に塩類が集積した土壤では、作物の生育阻害や生理障害が発生し、その原因として土壤溶液の高浸透圧による作物の給水阻害(浸透圧ストレス)および特定のイオンの過剰害(イオンストレス)があり、これらは、根の生育・機能阻害として現れることが示されている(山崎, 1998)。一方、窒素の施肥量を増加させると土壤中の硝酸イオン濃度を増加させ、EC値を高くすることも報告されている(大西ら, 1972)。土壤溶液の浸透圧は、EC値に対応し高まる(土壤標準分析・測定法委員会, 1986)。本試験では塩類集積や高いEC値は確認されなかったものの(第4表)、多量の窒素施肥が一時的に土壤溶液中の硝酸イオン濃度を高め、浸透圧ストレスにより細根量が減少した可能性がある。本試験では、土壤のEC値に処理間の差がみられなかった理由として、土壤を採取した時期が12月であり、10月の施肥から2か月経過しているため、土壤中の硝酸イオン量が低下していたのかもしれない。

土壤物理性と土壤化学性が細根量に及ぼす影響は、第1要因として土壤の物理性、土壤化学性(塩基バランス)は2次的要因であることが示されている(峯・小田, 1984)。しかし、今回の細根量に対する影響は、過剰な窒素の施肥が、土壤改良資材施用による物理性改善効果より高かった。これは、試験における土壤改良資材施用と窒素施肥量の影響の度合いを比較すると、窒素施肥量の方がより大きかったため、結果の変動幅が大きくなり、寄与率が高くなったためと考えられる(第8表)。試験4年目の窒素施肥量3倍量区は、年間窒素施肥量で1ha当たり759 kgである。また、土壤改良資材の施用量は生産現場で施用されている量に近い。これらのことから、細根量を増加させる目的で、土壤改良資材を施用しても、窒素施肥量が過剰であれば、後者の影響が強く現れ、細根量は少なくなったと推察された。

窒素施肥量とカンキツ果実品質については、いくつかの報告があり(石原, 1982; 坂本・奥地, 1969; 高辻, 1987)、窒素施肥量が増加するに従い、果実が小さくなる、成熟期の果皮の着色が遅れ、緑色が強くなる、果皮が厚くなるなどがある。果汁の酸度については、窒素量の増加に伴い、高くなる報告と差が認められない報告があり、また糖度も増加と減少の報告がある。今回、‘不知火’についても、窒素施肥量が果皮率と果皮色に影響を及ぼすことが明らかになった(第5, 6表)。“不知火”の生産現場では、酸高果実の生産が問題であり、細根量が少ない園ほどその傾向が強い(高原, 1999)。本試験では細根量は少なくなったものの、酸度は差が無かった(第5, 7表)。夏季に土壤が乾燥すると、酸度の高い果実が生産されやすいが、適度にかん水することで、それが抑制できることが示されている(平山ら,

1996). 本試験では7～9月の降雨がない週には1週間に2～3回かん水した. このことが, 全体に酸度が低くなり, 差がみられなかった理由と考えられた.

ゼオライトは土壤中の CEC を高くし, 陽イオンの流亡を抑制する土壌改良資材であることから (長野, 1996), 本研究の C 要因として取り上げ, 施用量が土壌化学性, 樹体生育, 葉中無機成分含有率, 果実品質, 細根量に及ぼす影響をみた. しかし, 土壤中の CEC を増加させる効果は認められたものの, 他には影響がみられなかった (第3～7表). また, それぞれの測定項目へのゼオライト施用量の寄与率は土壌改良資材, 窒素施肥量に比較し低かったこと (第8表) から, 本試験におけるゼオライト施用の影響は小さかったと考えられた.

摘 要

樹勢の弱い中晩生カンキツ ‘不知火’ に対して土壌改良資材の施用と窒素施肥量の違いが樹体生育, 土壌物理性, 果実品質, 細根量に及ぼす影響を調査した. 土壌改良資材であるバーク堆肥, ピートモス, パーライトを施用することで, 土壌物理性が改善され, 細根量が増加した. 窒素施肥量を多くすると, 細根量は減少し, 果皮率と糖度が高くなる傾向であった. 土壌改良資材を施用しても, 窒素施肥量が多いと, 細根量は減少し, その寄与程度は窒素施肥量が土壌改良資材施用の約2倍であった. これらの結果より, ‘不知火’ の細根を増加させ, 樹勢を良くするためには, 土壌改良資材を施用した上で, 過剰な窒素施用は避ける必要があるものと考えられた.

謝 辞 本調査結果の取りまとめにおいて, 御校閲頂いた千葉大学園芸学部助教授の小原 均博士, 静岡県柑橘試験場の吉川公規主任研究員, 統計手法の御指導頂いた, 独立行政法人農業工学研究所の執行盛之元農地整備部長に対し, 深謝の意を表する. また, 本調査にあたり, 多大なご協力を頂いた若杉 勲元技能長にお礼申し上げる.

引用文献

- 土壌標準分析・測定法委員会. 1986. 土壌標準分析・測定法. p. 74–76. 博友社. 東京.
- 平山秀文・藤田賢輔・磯部 暁・重岡 開. 1996. 不知火の品種特性と生産安定技術の確立. 熊本農研セ研報. 5: 125–140.
- 石原正義. 1982. 果樹の栄養生理. p. 79–86. 農文協. 東京.
- 岩切 徹・松瀬政司・小野 忠. 1988. 果樹園における有機物施用効果の解析. 第5報. 堆肥施用ウンシュウミカン樹の根群分布. 佐賀果樹研報. 10: 35–46.
- 岩間秀矩. 1996. パーライト. p. 152–157. 農林水産省農産園芸局農産課監修. 土壌改良と資材. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 加美 豊・井上久雄・藤原文孝. 1998. ハウス栽培におけ

- るカンキツ ‘不知火’ の着果及び炭酸ガス施用が樹体生長に及ぼす影響. 園学雑. 67 (別2) : 193.
- 河瀬憲次. 1999a. デコボン (不知火) の生い立ち. p. 10–13. 河瀬憲次編著. デコボンをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 河瀬憲次. 1999b. 根群の生育と樹勢強化対策. p. 111–116. 河瀬憲次編著. デコボンをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 金子 衛・鈴木鉄男・田中 実. 1970. 温州ミカンの生育と結実ならびに土壌の化学性に及ぼす多肥の影響. 愛知農総研 B. 園芸 2: 1–10.
- 北園邦弥・平山秀文・磯部 暁・河瀬憲次. 2000. カンキツの樹勢調節に関する研究 (第1報) 着果負担及びコリン系化合物処理と根群の発達について. 熊本農研セ研報. 9: 104–108.
- 古河 汎. 1972. 温州ミカン園における下層土の物理性に関する研究. 四国農試報. 25: 119–232.
- 峯 浩昭・小田真男. 1984. 温州ミカン園における表層及び下層土改良 (第1報) オガクズ入り鶏ふんの連用と深耕が根群分布に及ぼす影響. 大分柑橘試研報. 2: 51–68.
- 長野間宏. 1996. ゼオライト. p. 135–144. 農林水産省農産園芸局農産課監修. 土壌改良と資材. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 西田和男. 1982. 温州ミカンの根群分布と土壌の化学性. 広島果試研報. 8: 1–11.
- 小笠原佐代市・中井 九・伊藤晴充. 1967. 温州みかんの施肥量に関する試験. 山口農試報. 20: 55–60.
- 岡島量男・相川博志・長田芳郎・土田通彦・磯田隆晴. 1998. カンキツ ‘不知火’ の施肥法. 熊本農研セ研報. 7: 77–87.
- 岡島量男. 1999. 土壌管理と有機物施用. p. 77–80. 河瀬憲次編著. デコボンをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 小野祐幸・岩垣 功・高原利雄. 1986. カンキツの根群分布と葉の着生との関係. 果樹試報. D8: 25–36.
- 尾和尚人. 1996. 地力増進法指定資材. p. 79–109. 農林水産省農産園芸局農産課監修. 土壌改良と資材. 土壌保全調査事業全国協議会. 東京.
- 大西和彦・坂本辰馬・丹原一寛. 1972. カンキツ園の肥料分の残留と根群の濃度障害. 園学四国支部要旨. p. 7.
- 坂本辰馬・奥地 進. 1969. 温州ミカン果実の酸, 可溶性固形物に及ぼすチッソ栄養の影響. 園学雑. 38: 301–308.
- 高原利雄. 1999. 品種特性とつくりこなしの着眼点. p. 14–27. 河瀬憲次編著. デコボンをつくりこなす. 農文協. 東京.
- 高辻豊二. 1987. 施肥の基本と施肥設計. p. 145–154. 農業技術体系 果樹1カンキツ. 農文協. 東京.
- 山内 章. 1996. 林木の根系. p. 90. 山内 章編. 植物根系の理想型. 博友社. 東京.
- 山崎浩道. 1998. 塩類集積と根. p. 242–244. 根の辞典編集委員会編. 根の辞典. 朝倉書店. 東京.