有機農業栽培技術

鍾仁賜
臺灣大學農業化學系

前言

有機『organic』一詞最早用在與耕作相關是在**1940年**。

Lord Northbourne (1896-1982) 在他的書《**注意土地**》(look to the land) 提到“農場本身必須有**生物的完整性** (biological completeness)；

它是一活的實體；

它是在它本身有**平衡的有機生命** (a balanced organic life) 的單位。

有機一詞直到**1960年**成為主要用法。

慣行農法 (conventional agriculture) 是指：標準的、主要的農耕方法，是大部分政府及農業團體促進與研究的，也是全世界農民與農業生產者所實行的耕作方法。

有機農業 (organic farming) 有時候稱為腐植質農業 (humus farming) 或有機園藝 (organic gardening) 或有機農業運動 (organic movement) 等不同的名稱，但是有機農業是目前最普遍的用詞。

有機農業強調作物是如何生產的 (即強調作物的生產過程)，而非其產品的性質。

土壤是活的以及造成一個健康的土壤是有機農業的基礎。

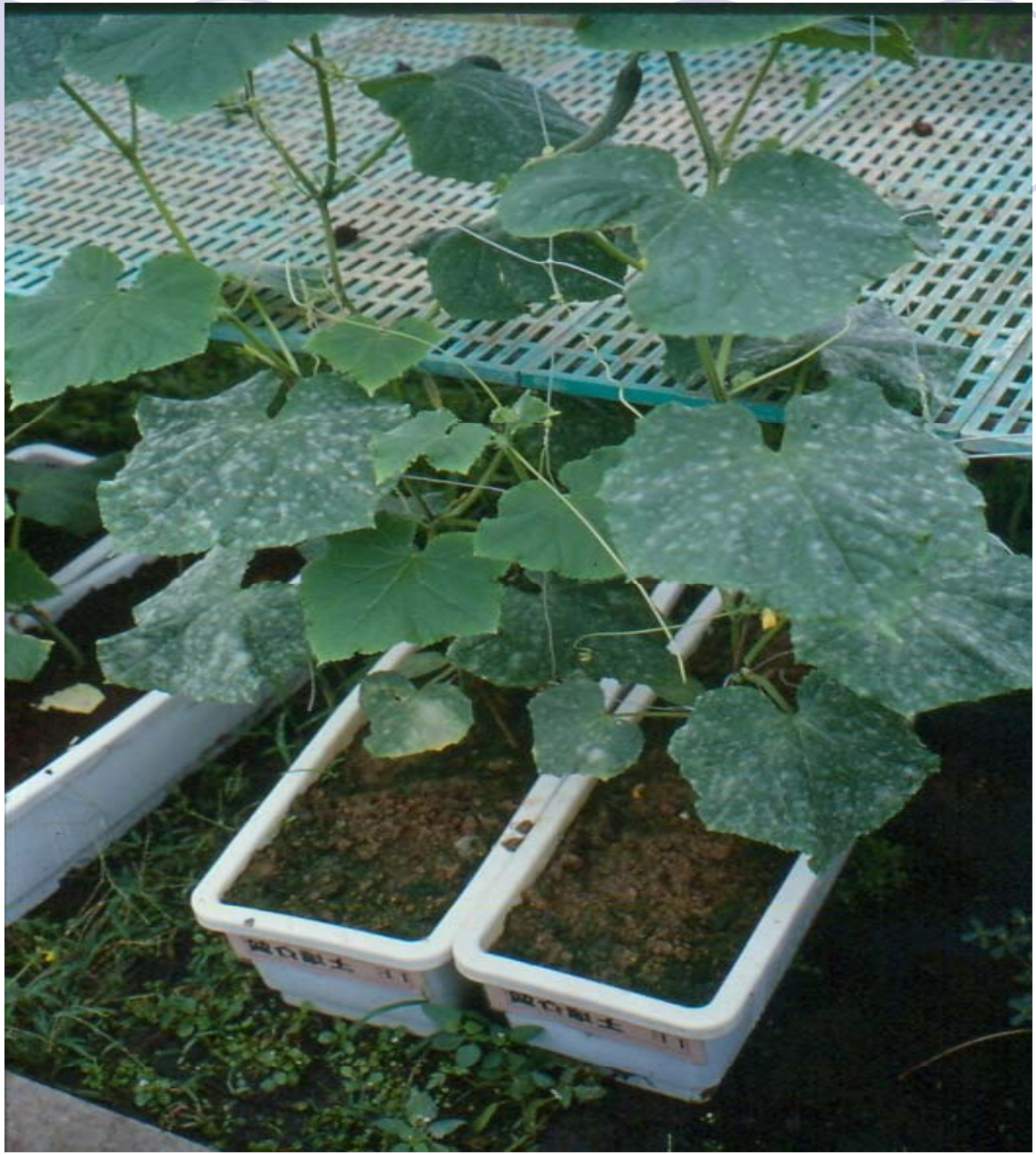
健康的作物、動物與人的基礎是健康的土壤，產生健康土壤的起點是打破土壤只是作物生長介質的觀念。

Sir Albert Howard把土壤肥力消退稱為生病(disease)。

Eve Balfour在其所著《活的土壤》(the Living Soil) 中提到培養土壤，以土壤餵食植物。

因此，施肥不應只對作物，也應考慮土壤生物與環境生態的需要。

即維持健康、具生物活力的土壤環境以供植物生長。



瘤野螟　二化螟蟲　褐飛蝨　稻心蠅

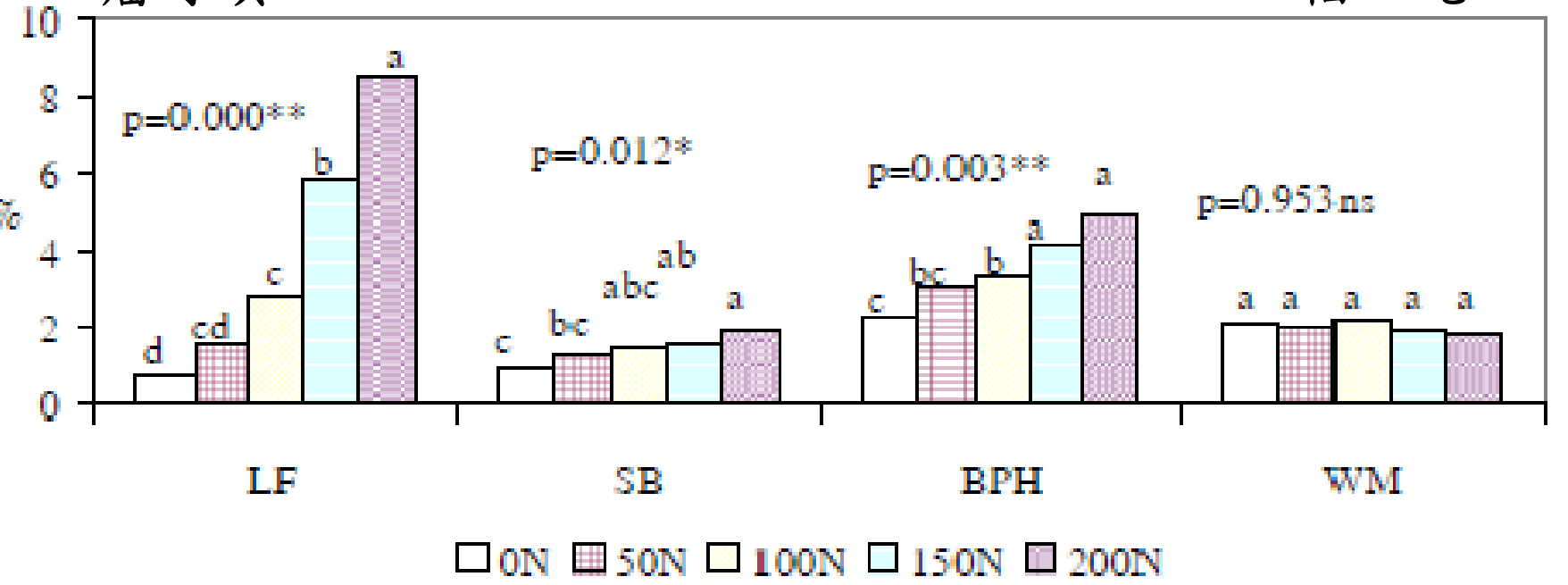


Figure 1. Effect of N fertilizer on the rice insects

LF: leaf folder, SB: stem borer, BPH: brown plant hopper, WM: whorl maggot

Chau1 et al., 2003. Omonrice 11: 93-102.

稻熱病 紅條病

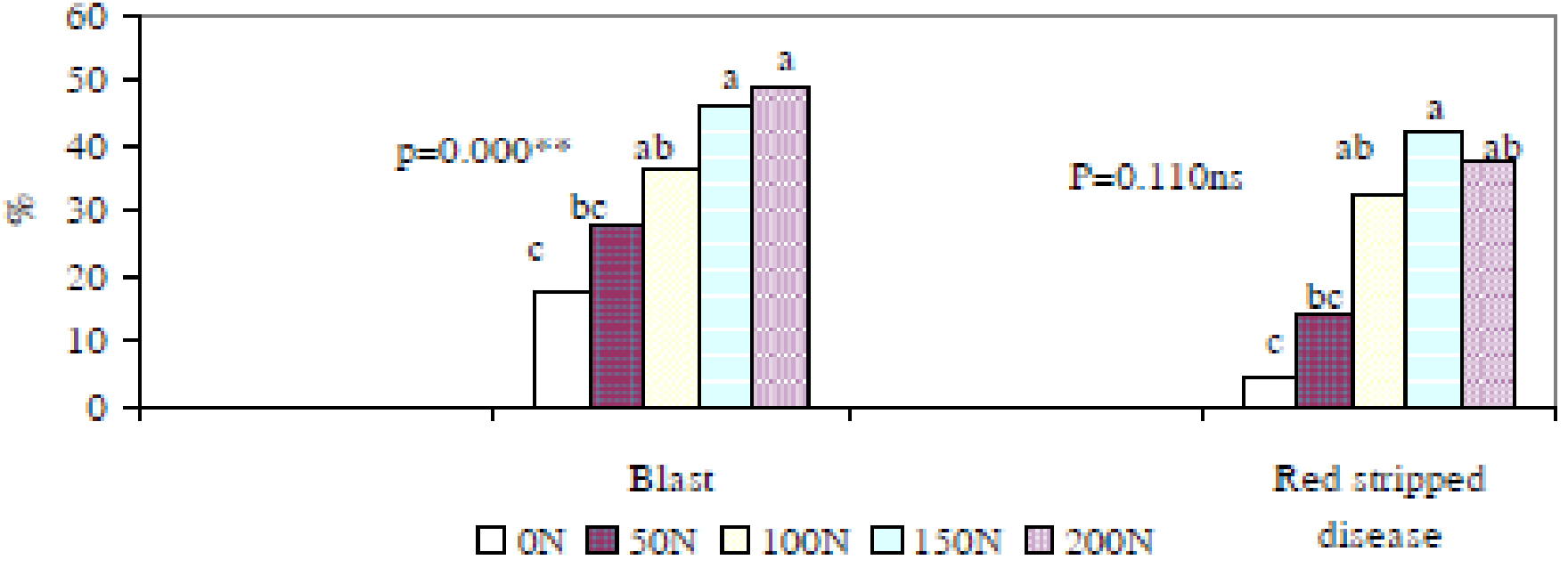


Figure 2. Effect of N fertilizer on the rice diseases

Chau1 et al., 2003. Omonrice 11: 93-102.

Table 3
Response of herbivores to increased soil nitrogen levels on *Brassica* host plants (Letourneau, 1988)

Host plant	Herbivore species	Factor	Response
Brussels sprouts	*M. persicae*	No. of progeny	Increase
Brussels sprouts	*B. brassicae*	No. of progeny	Small increase, dependent on factors such as K
Rape	*Artogeia rapae*	Oviposition frequency	Increase
Kale and cabbage	*A. rapae*	Oviposition frequency	Increase
Kale	*A. rapae*	Oviposition frequency	Increase
Cabbage	*A. rapae*	Growth rate	Increase
Cabbage	*A. rapae*	Growth rate ultimate size	Increase
Cabbage	*Plutella xylostella*	Feeding preference	Increase

土壤雖然能夠供應適量養分，但是其構造不好或是其中只有有限生物者並不是產量高的土壤。

土壤有機物含量常與這些性質密切相關。

施用堆肥可以使土壤的pH值比施用化學肥料者高，也可以使土壤的pH維持在較穩定的狀態以及因增加土壤的團粒作用而增加水的滲濾；

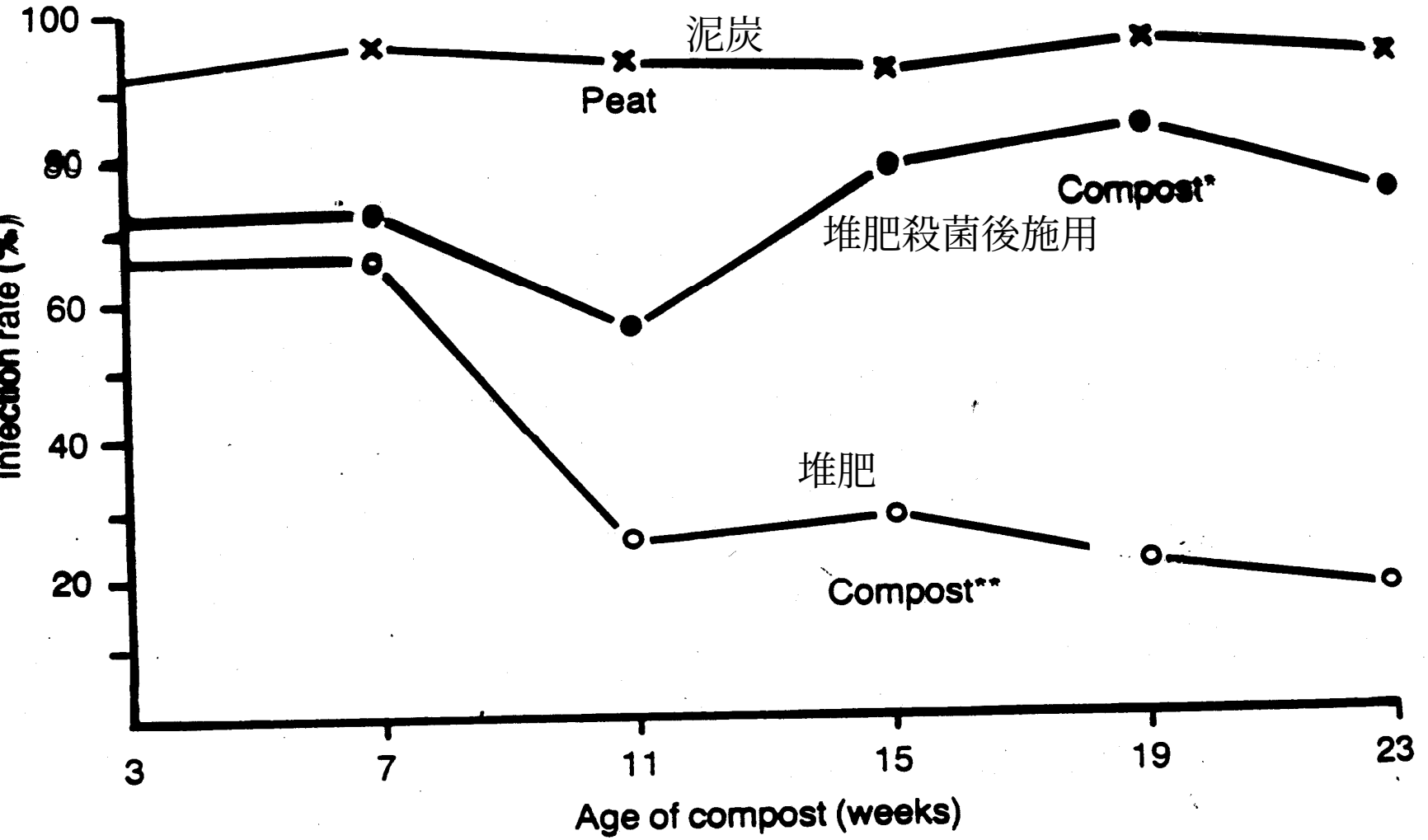
有機肥料經由有機陰離子抑制磷之固定作用及能置換被土壤吸附的磷而增加磷的有效性。

抑病土常是有機質多的土壤。

施用有機肥料也增加土壤抗植物病的潛能 (也就是使土媒病 (soil borne disease) 在停止的狀態)。拮抗則來自產生毒素、抗生素、能源與養分的競爭及/或寄生，施用有機肥料使菌根真菌的感染比施用化學肥料者高。

土壤有機物含量高也可減少土壤之流失機會 。

Figure 7.1 Comparison of *Rhizoctonia solani* infection of radishes grown in soils amended with compost and with peat.



* Compost sterilised at 60°C after decomposition.
** Compost without additional sterilisation.

(立枯絲核菌)

Source: Nelson & Hoitink, 1983.

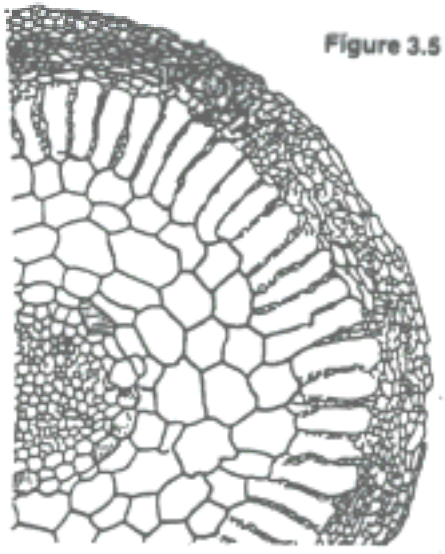


Figure 3.5 Cross section through a plant root with ectomycorrhizae penetrating outer cells only.

Figure 3.6 A plant root (A) in association with endomycorrhizae (B).

菌根菌包在根外

Source (Figs 3.5 and 3.6): Suter (1983).
Drawing: Rosemarie Eichenberger.

病之程度

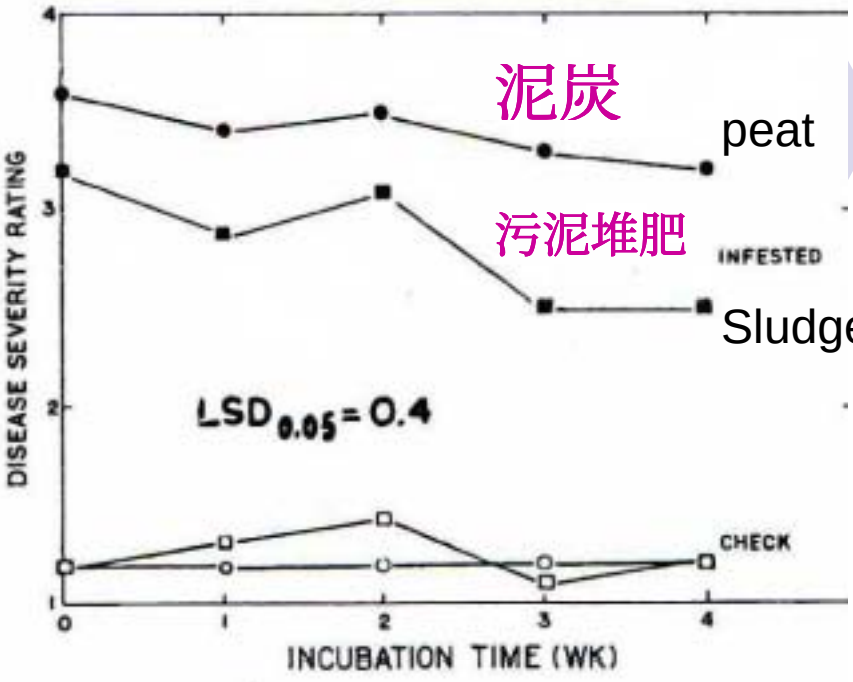
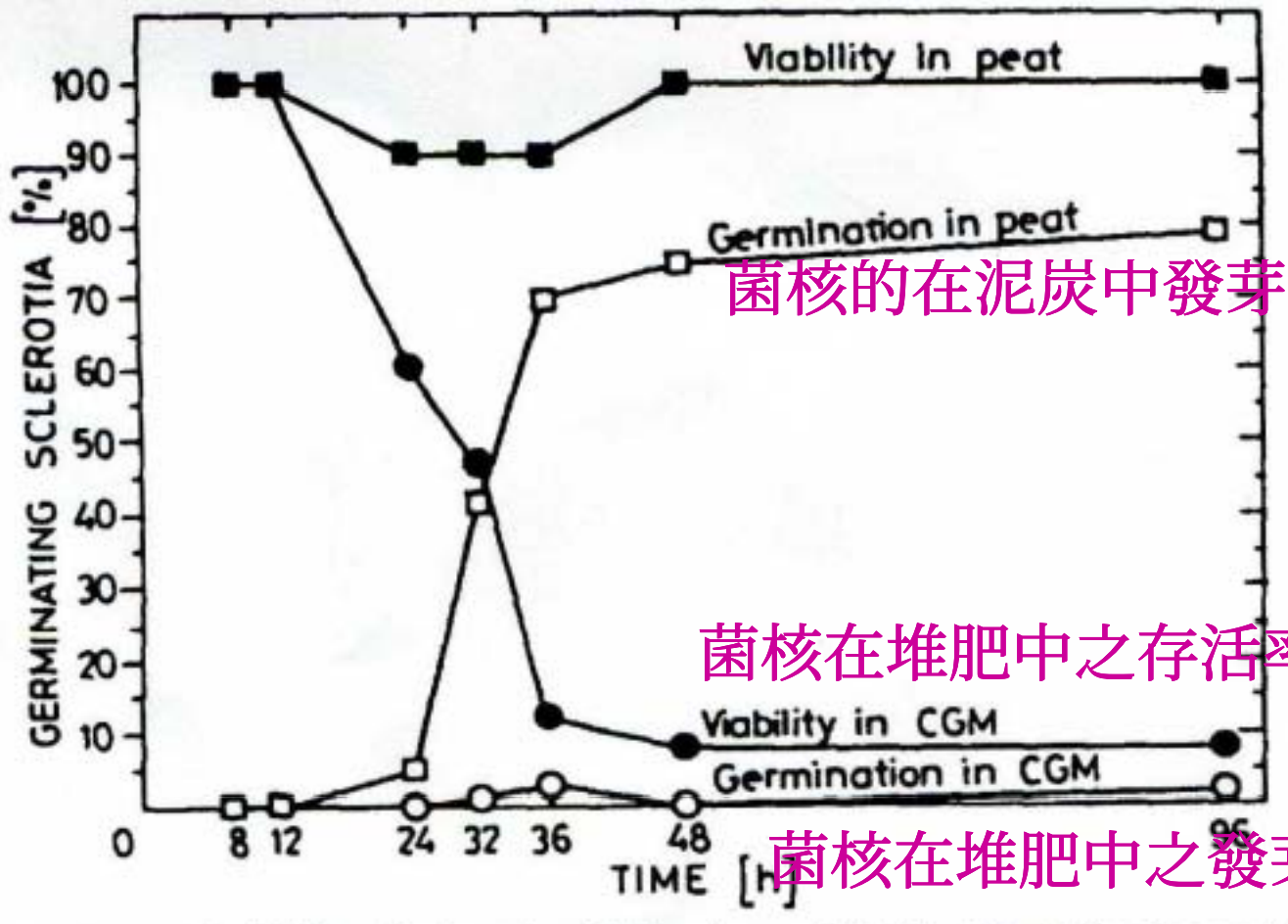


Fig. 2. Effect of container medium storage on suppressiveness to Rhizoctonia damping-off. ● = Peat medium, ■ = sludge compost medium. Disease severity rating: 1 = symptomless; 2 = diseased but not damped-off; 3 = postemergence damping-off; and 4 = preemergence damping-off. Infested with 0.5 g of *Rhizoctonia* inoculum per liter of container medium. $LSD_{0.05}$ for all sampling times combined = 0.4.

立枯絲核菌立枯病

Kuteret al., 1988. Plant Dis., 72:751-756.

菌核在泥炭中之存活率



菌核的在泥炭中發芽率

菌核在堆肥中之存活率

菌核在堆肥中之發芽率

Fig. 1. Germination and viability of sclerotia of *Sclerotium rolfsii* after incubation in peat (germination □, viability ■) and in composted grape marc (germination ○, viability ●).

白絹菌

生物控制

Table 3
Examples of antagonists used in the biological control of plant pathogens (Schroth and Hancock, 1985)

Mechanism	Plant	Plant Pathogen	Antagonist
Antibiotic competition/antibiosis	Many	*Agrobacterium tumefaciens*	Avirulent *Agrobacterium* spp.
	Corn	*Fusarium roseum* Graminearum	*Chaetomium globosum*
	Pine	*Heterobasidion annosum*	*Peniophora gigantea*
	Various	Various fungi	*Trichoderma* spp.
	Various	Various fungi	*Bacillus subilis*
	Carnation	*F. oxysporium* f. sp. dianthi	*Alcaligenes* spp.
	Cotton, wheat	*Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*, *Pseudomonas tolaasii*, *Fusarium oxysporum* f.sp. *lini*, *Ervinia amylovora*,	*Pseudomonas* spp.
	Apple	*Pseudomonas solanacearum*	*Erwinia herbicola*
	Tobacco		A virulent strain of *P. solanacearum*
	Many	Various fungi	*Gliocladium* spp.
Competition for attachment sites	Many	*A. tumefaciens*	Avirulent *Agrobacterium* spp.
Cross protection	Sweet potato	*F. oxysporum* f.sp.batatas	Non-pathogenic *F.oxysporum*
	Cucurbits	*Fusarium solani* f.sp. Cucurbitae	Squash mosaicvirus
Hyperparasitism	Many	Various fungi	*Trichoderma* spp.
	Sunflower, beans	*Sclerotinia* spp.	*Coniothrium minitans*
	Lettuce	*Sclerotinia* spp.	*Sporodesmium sclerotivorum*
	Sugarbeet	*Pythium* spp.	*Pythium oligandrum*
	Cucumber, beans	*Rhizoctonia solani*	*Laetisaria arvalis*
	Cucumber	Mildews	*Ampelomyces grisqualis*
	Rye, other cereals	Ergot	*F.*roseum'heterosporium'
Hypovirulence	Chestnut	Endothia parasiticaMycovirus	
Parasitism	Soybean	Pseudomonassyringae pv.glycinea	*Bdellovibrio bacteriovorus*
Predation		Various fungi	*Arachnula impatiens*

Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agric. Ec

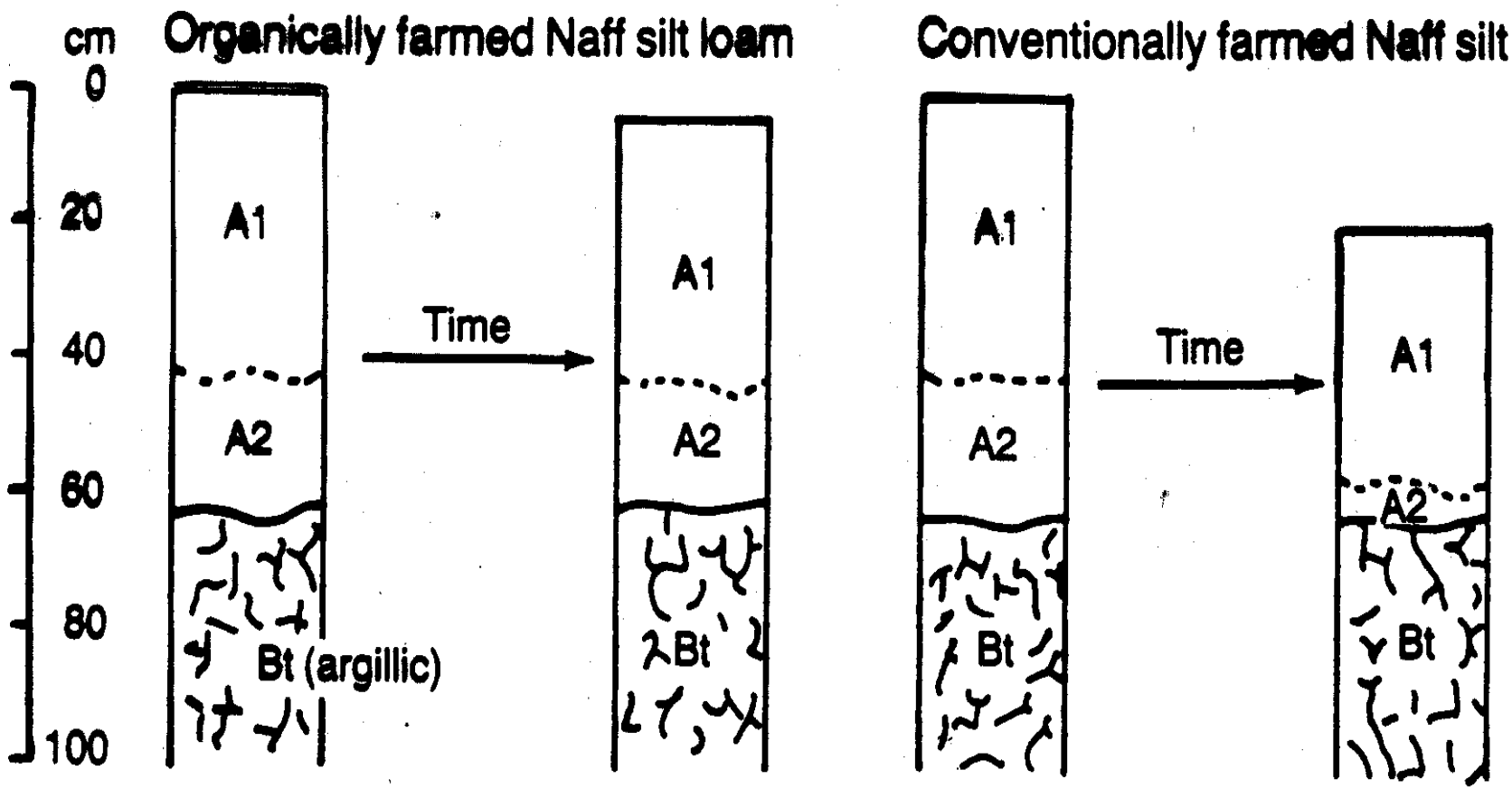
寄生線蟲之真菌與細菌

Table 4
Fungal and Bacterial Parasites of Nematodes (Tjamos et al., 1992)

Antagonist	Nematode species	Mode of parasitism
Arthrobotrys sp.	Several	Traps nematodes in adhesive network of hyphae
Dactylella doedycoides	Several	Traps nematodes in a constricting hyphal ring
Dactylella oviparasitica	Root rot nematode	Traps nematodes but also parasitizes eggs
Dactylaria candida	*Meloydogine* sp	Traps nematodes in a three-celled nonconstricting
Phialophora heteroderae	*Globodera rostochiensis*	Enters cysts of *G. rostochiensis*
Pasteuria penetrana	*Meloidogyne* sp	Bacterial parasite
Nematophtora gymophyla and *Verticillium chlamydosporium*	*Heterodera avenae*	Fungal parasites
Monacrospium sp. *Arthrobotrys* sp.	Several	Nematode trapping fungi
Hirsutella rhossiliensis	Several	Endoparasitic fungi
Nematoctorus sp.	Several	Endoparasitic fungi

Altieri, 1999. Agric. Ecosys. Environ., 74: 19-31.

Figure 2.1 Organically and conventionally farmed soil losses due to water erosion betwee 1948 and 1985.



A1 is the cultivated topsoil layer.
A2 is topsoil below cultivated layer.
Bt is subsoil.

Source: Reganold *et al.* (1987).

耕土無法永續利用的原因之一為**土壤有機物含量下降**，因此，**維持適當高含量的土壤有機物**是達到作物產量高與提高環境品質的主要策略之一。**土壤生質量、生物活性及生物岐異度**的增加與土壤有機物含量增加及好的土壤管理有關，此則又影響耕作體系內之土壤構造、養分循環及病與蟲的控制。

表一、設施內栽培蔬菜經七年不同量有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg			mg/kg				
化學肥料	7.3 a	0.5 d	9.1 d	1.1 c	8.4 bc	59 d	91 d	1536b	2.0 a	5.9c
不施肥	6.7 c	0.7 cd	10.4 c	1.2 c	8.9abc	78 c	112cd	924c	1.9 ab	5.5c
一倍量氮	7.1 b	0.8bcd	14.0 b	1.8 b	7.6 c	65 cd	130 c	1685b	1.4 bc	9.3c
二倍量氮	6.7 c	1.1 a	23.7 a	2.9 a	8.3 ab	126 ab	198 b	2151a	1.7 cd	27.9a
三倍量氮	6.7 c	0.9 b	28.3 a	2.8 a	10.3 a	139 a	248 a	2216a	1.2 cd	29.3a
四倍量氮	6.7 c	0.9 b	27.1 a	2.8 a	9.7 ab	115 b	229 a	2083a	0.9 d	20.1b

1 飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

表二、設施內栽培蔬菜經七年施用不同種類有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg				mg/kg			
牛糞堆肥	4.2 d	3.5 a	55.4 b	6.6 b	8.4 c	313 a	301bc	1608bc	3.7 e	52.2 de
牛糞堆肥	6.8 a	1.9 cd	44.4 c	4.4 c	10.2 ab	137 c	296bc	2056 a	14. a6	116.0 a
雞糞堆肥	6.4 a	1.3 d	31.3 e	2.8 d	11.6 a	272 ab	511 a	1966ab	9.6 b	94.7 b
大豆粕	4.7 c	1.2 d	18.5 f	1.9 e	9.8 bc	322 a	210 c	187 e	4.6 d	21.6 f
豌豆頭稻殼堆肥	4.3 d	2.7 b	66.7 a	7.7 a	8.6 bc	331 a	530 a	1809ab	1.8 f	46.7 e
輪施堆肥	5.7 b	2.0 c	39.3 d	4.2 c	9.4 bc	220 b	360 b	1358 c	5.4 c	62.1 cd
未施肥	5.9 b	1.5 cd	35.5 d	3.4 d	10.3 ab	220 b	291 bc	672 d	5.9 c	65.9 c

1 飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

表三、設施內栽培蔬菜經七年不同量有機肥料對土壤酵素活性之影響

處理	去氫酶, mg TPF/kg/h	β-配醣酶, mg PNF/kg/h	蛋白酶, mg tyr/kg/h	尿素酶, mg NH^4-N/ kg/h	芳香基硫酸脂酶, mg PNF/kg/h	酸性磷酸酯酶, mg PNF/kg/h	鹼性磷酸酯酶, mg PNF/kg/h
化學肥料	31.3 e	74 e	275 e	13.9 c	100 d	74 f	227 d
不施肥	35.8 e	161 d	262 e	17.2 c	116 d	161 d	178 e
一倍量氮	48.7 d	129 d	334 d	26.2 b	158 c	129 e	325 c
二倍量氮	68.5 c	184 c	428 c	31.1 b	198 b	184 c	414 b
三倍量氮	79.0 b	223 b	613 b	46.3 a	261 a	223 b	503 a
四倍量氮	93.2 a	258 a	679 a	44.1 a	266 a	258 a	501 a

表四、設施內栽培蔬菜經七年 37 作不同種類有機肥料對土壤酵素活性之影響

處理	去氫酶, mg TPF/kg/h	β-配醣酶, mg PNF/kg/h	蛋白酶, mg tyr/kg/h	尿素酶, mg NH^4-N/ kg/h	芳香基硫酸脂酶, mg PNF/kg/h	酸性磷酸酯酶, mg PNF/kg/h	鹼性磷酸酯酶, mg PNF/kg/h
牛糞堆肥	9.4 c	48.2 b	173 de	1.7 c	57 c	736 a	59 d
牛糞堆肥	72.1 a	44.1 b	478 a	23.7 a	250 a	290 d	380 a
雞糞堆肥	43.0 b	35.3 b	218 d	20.9 a	135 b	269 d	178 b
大豆粕	15.1 c	32.8 b	112 e	4.4 c	70 c	445 c	30 d
豌豆堆肥	9.6 c	97.7 a	284 c	12.9 b	70 c	755 a	79 d
輪施堆肥	48.8 b	48.8 b	348 b	18.2 ab	230 a	567 b	144 c
未施肥	40.5 b	51.9 b	359 b	18.5 ab	257 a	595 b	200 b

表五、設施內栽培蔬菜經七年施用不同量堆肥對土壤微生物族群之影響

處理	細菌, 10^7 CFU/g	放線菌	真菌 10^4 CFU/g
化學肥料	3.24 d*	3.24 d	3.39 c
不施肥	3.72 cd	3.72 cd	3.80 bc
一倍量氮	4.47 cd	4.47 cd	4.68 abc
二倍量氮	4.68 bc	4.68 bc	5.25 ab
三倍量氮	5.75 ab	5.75 ab	5.62 a
四倍量氮	6.92 a	6.92 a	5.75 a

在慣行農業裡的施肥，是視當季所種植之作物達到最高產量所需之要素量施入土壤中。

此種方式有時候也稱為**對作物施肥** (fertilizing the crop)。

在有機農業裡之作物營養管理，是提供有機肥料給土壤，使土壤之有機物含量在一定的時間(五年) 內達到一定之值，然後保持之。

以後每年添加的肥料量，均以預期礦化量來添加，此原理有時候也稱為**對土壤施肥** (fertilizing the soil)。

對生產者而言，**施肥目標**是：

添加能達到最適經濟產量的肥料種類和量的維持施用及有大的缺乏時的合理施肥。

有機肥料施用之基本原則

在有機農業裡，施肥之目的有兩個：

其一與化學肥料之施用相同，適當的有機肥料施用計劃在對作物提供最適量的養分而達到最高產量與收益。

即確保土壤肥力，使土壤肥力不是作物生產的限制因子。

另一目的則為維持健康、具生物活性之土壤環境。

影響選擇施用之有機肥料種類、量與施用之主要因子是肥料特性、土壤特性、作物特性與生長階段及肥料的殘效。

施用超過作物所需養分量之肥料造成土壤中養分之累積而使鹽含量之升高及導致土壤與植物體中鹽基不平衡。

如Dormar 和 Chang (1995) 之研究顯示連續二十年施用牛糞廄肥，使土壤中的有效磷含量由9上升至1,200 mg/kg；

Hao等人 (2003) 長期施大量堆肥 (90 Mg/ha) 導致氮在土壤中累積，此也會造成硝酸態氮在植物中累積。

Chang等人 (1991) 之研究則顯示經過十一年施用有機肥料使土壤中的有機物、總氮與硝酸態氮之含量隨有機肥料之施用量而增加，並且發現在每年施用**30,000 kg/ha**時，其150 cm 厚之土壤中的硝酸態氮之含量多達**1,000 kg/ha**。

Effect of application rate of hog dung compost on the concentration of nitrate-N in cabbage

處理	根	外葉葉柄	外葉葉片	甘藍球	整株
	Concentration, g kg^{-1}				
30 公噸/公頃	2.9 a	13.1 a	4.3 ab	1.5 ab	3.4 a
	(0.17)	(0.35)	(0.11)	(0.04)	(0.1)
60 公噸/公頃	2.9 a	14.7 a	5.2 ab	1.6 a	4.2a
	(0.15)	(0.36)	(0.14)	(0.05)	(0.12)
120 公噸/公頃	3.0 a	16.8 a	5.6 a	1.4 ab	4.2 a
	(0.16)	(0.43)	(0.14)	(0.04)	(0.12)
化學肥料	3.0 a	13.8 a	3.6 b	1.0 b	2.9 b
	(0.16)	0.37)	(0.09)	(0.03)	(0.09)

表十五、有機質肥料對芥菜植體中硝酸態氮濃度之影響(克 千克$^{-1}$)

Treatment	Blade		Midrib		Root	The whole plant	
	Upper	Lower	Upper	Lower			
	35 days after planting						
Sawdust-bagasse compost	5.60	a*	22.94	ab	—	11.59	a
Hog dung-rice hull compost	3.76	b	23.86	ab	—	11.23	a
Hog dung-sawdust compost	5.01	a	24.07	ab	—	11.52	a
D.cattle dung-tea compost	0.01	d	0.13	d	—	0.11	d
D.cattle dung compost	1.21	c	16.54	c	—	6.75	c
Molasses-bagasse compost	1.54	c	19.78	bc	—	7.86	bc
Pea-rice hull compost	2.95	b	17.21	c	—	8.42	bc
Lime-chem-F	3.25	b	18.18	c	—	9.04	b
Chem-F	0.06	d	0.38	d	—	0.20	d

由於不同之有機肥料之養分含量、養分組成以及礦化速率與在一定之時間內可礦化之碳或氮的量不相同，因此，在施用有機肥料上，應注意以下幾個原則。

一、肥料特性

氮是影響植物生長的最主要無機營養元素，而施用有機肥料以提供氮且與作物生長需求之氮同步，是施用有機肥料之最重要目的之一，此則與以有機肥料當做土壤改良劑以提供持久穩定存在的有機物之目的互相矛盾。

因此，按照實際狀態，首先要確定施用有機肥料之目的主是要提供養分？

還是其當作土壤改良劑？

或者兩者之間要尋求一平衡點。

對磷與鉀之供應而言，則不如氮嚴重 (critical)，因為土壤之磷與鉀供應較為穩定。

堆肥化作用 (composting) 是將有機廢棄物中不同的組成分轉變成相對較穩定、類似腐植質之物質而可以當做土壤添加物或有機肥料的生化作用。堆肥化作用協助改進有機廢棄物之理化性質及減少其對植物之毒性；

堆肥化作用也被當作處理令人厭惡之有機廢棄物之最適當方法。

因此，使用經適當堆肥化作用之有機肥料是有機農業經營者首先應該注重的。

2010/1

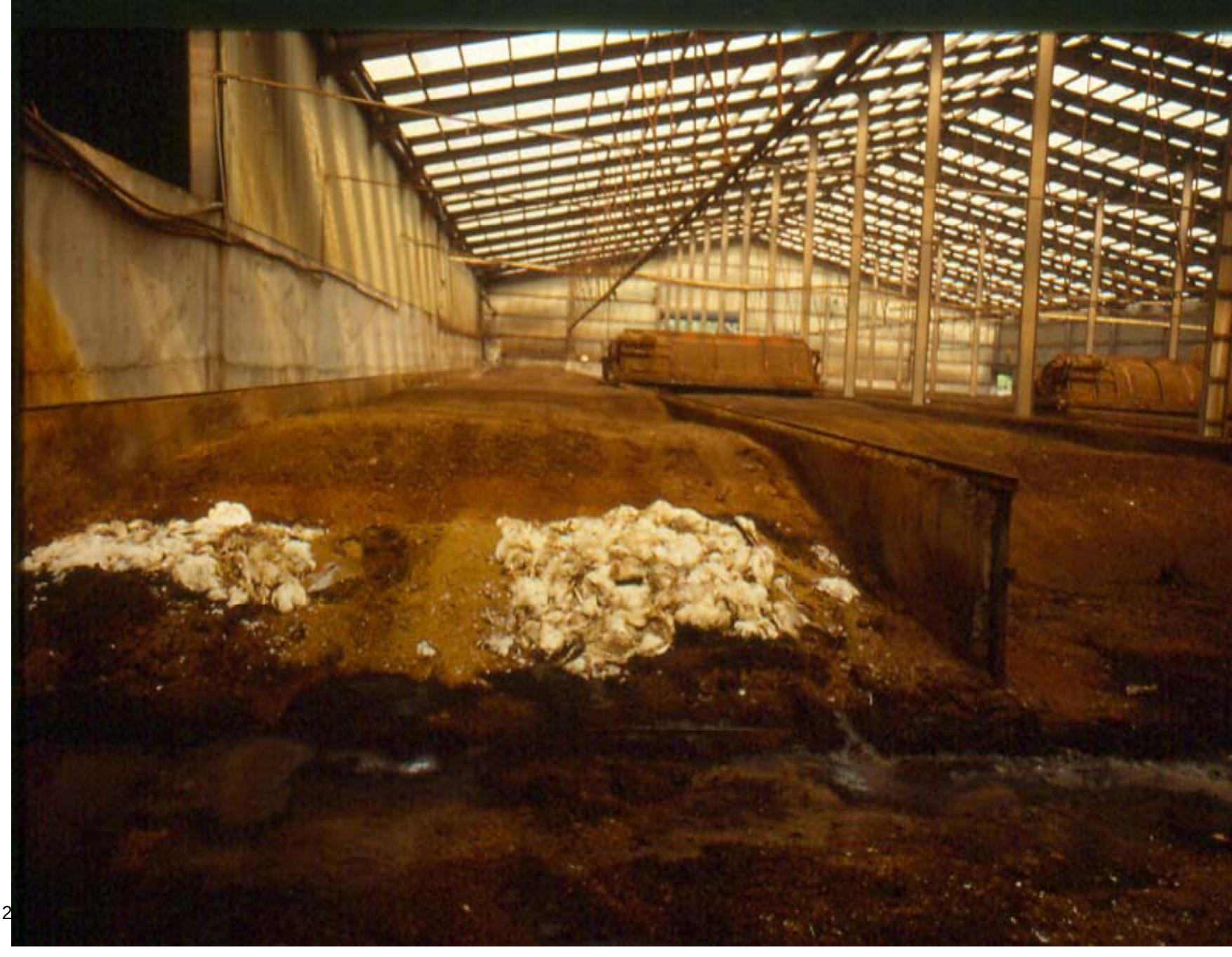
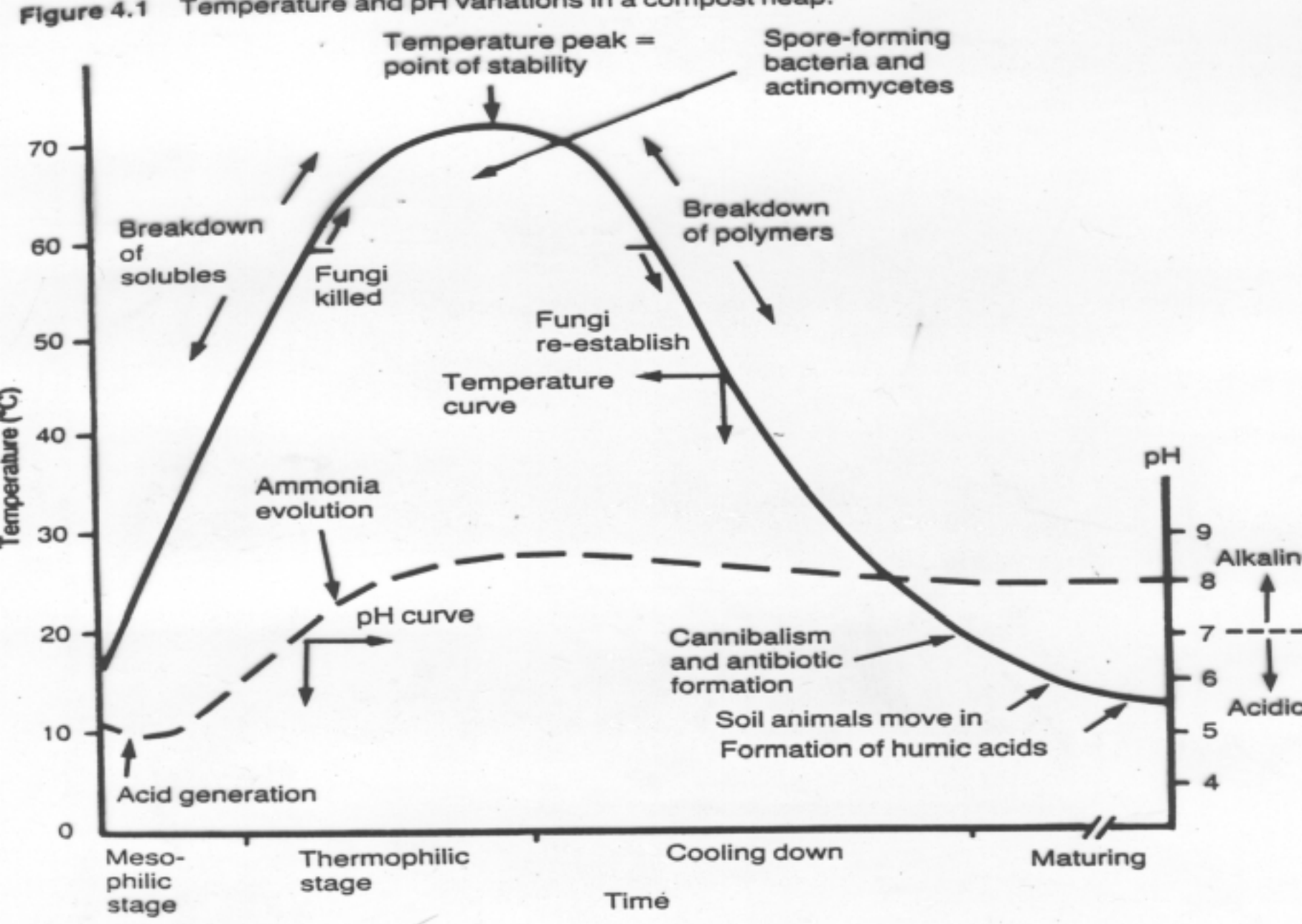


Figure 4.1 Temperature and pH variations in a compost heap.



Source: Gray & Biddlestone (1981).

在堆肥之高溫下幾乎所有常見之動物疾病之病原菌、病毒或蟲都可以消滅，因此，經適當堆肥化處理之堆肥是安全的。

以下是各種病原菌致死之溫度與時間

病毒類新城雞 (56°C，6小時)、

傳染性 (56°C，15分鐘)、

傳染性喉頭 (30°C，5分鐘)、

馬立克 (60°C，5分鐘) 、

雞瘟 (60°C，8分鐘)、

家禽流行性感 (56°C，30分鐘)

傳染性滑氏囊 (56°C，5小時)、
口蹄疫 (70°C，15秒鐘)、
假性狂犬病 (70°C，5分鐘)、
豬瘟 (60°C，10分鐘)、
傳染性胃腸炎 (45°C，45分鐘)。
細菌：黴漿菌症 (56°C，30分鐘)、
雞白痢 (60°C，5分鐘)、
傳染性可利查 (55°C，6分鐘)、
巴氏桿菌症 (60°C，30分鐘)、

葡萄球菌症 (60°C，60分鐘)、

豬丹毒 (56°C，10分鐘)。

寄生蟲：

球蟲症 (45°C，24小時) 、

蛔蟲症 (54°C，5分鐘)。

傷寒菌 (55-60°C，30分鐘)、

沙門氏菌 (56°C，60分鐘).、

赤痢病菌 (55°C，60分鐘)、

大腸桿菌 (55°C，15-20分鐘)、化膿性連鎖球菌 (54°C，10分鐘)、

白喉菌55°C，45分鐘)、

牛、豬流感菌 (61°C，30分鐘)、

赤痢阿米巴 (囊子 (55°C)、

無鉤條蟲 (55-60°C，5分鐘)、

旋毛蟲 (62-65°C)、

美洲鉤蟲 (45°C，50分鐘)、

蛔蟲(卵) *(eggs)* (60°C，15-20分鐘) 。

植物種子在堆肥化過程中也因高溫而死亡。

養分的含量因堆肥的種類或堆肥原料之不同而有大的差異。

有機肥料之碳氮比 (C/N ratio) 影響有機肥料中氮的有效性。

低肥力的土壤，可以一次施入高量的有機肥料，此亦有助於使土壤在進行有機栽培之初期即可以形成高的肥力。

有機肥料常被歸類為緩效性氮肥 (slow-release N fertilizers)，因為其僅釋出或礦化其中部分的氮 。

因此，若能了解肥料來源及控制其礦化的因子，則更能有效利用其中之養分 。

表七、一些用做堆肥原料之物質的一些元素組成 (g/kg)

種類	碳	氮	碳氮比	磷	鉀	鈣	鎂
稻草	540-560	6.4-6.9	78-88	0.2-0.5	16.6-17.4	3.0-8.6	1.8-3.1
稻殼	390-520	3.6-7.0	74-108	0.3-2.0	2.3-10.8	1.1-2.4	0.3-2.4
米糠	500	2.04-3.37	22	10.7-19.5	11.9-20.3	1.3-2.5	4.5-10.7
高粱稈	530	7.3	73	1.1	16.7	4.3	3.7
玉米稈	550	8.1	68	1.6	13.4	2.5	2.9
大豆植體	520	17.6	30	1.6	10.9	14.1	6.9
花生植體	490	17.3	28	1.6	10.5	14.0	4.6
花生殼	530	16.0	33	1.5	10.7	4.7	2.0
花生粕	260-510	44.0-75.0	5.9-6.8	3.1-12.0	7.5-15.4	1.7-6.9	2.8-4.9
菜仔粕	480	34.0-59.6	9	4.2-25.0	8.3-14.3	3.0-9.8	3.5-5.6
芝麻粕	550	50.0-58.0	10	9.8-32.0	11.1-19.0	40.2	6.6
棉仔粕	260-540	39.0-58.0	6-11	7.9-11.8	9.1-12.9	3.9-10.0	4.6-5.2
椰仔粕	100	34.0	3	9.9	17.9	16.2	2.8
大豆粕	270-510	440-84.6	4-7	5.2-7.6	16.6-34.9	1.9-20.7	0.2-0.4
蔗渣	330-530	2.6-10.8	49-126	0.3-.09	1.9-4.7	2.9	0.7
茶渣	460-510	25.2-36.4	14-18	1.9-2.2	4.1-5.4	3.3-4.4	1.6
向日葵粕			52.0	17.0	14.0		
篦麻仔粕	450-460	46.9-57.9	8-10	7.9-8.6	8.3-12.0	5.9-15.6	5.5
茶仔粕	480-510	10.0-17.5	27-41	1.1-2.1	7.3-19.0	0.1-11.0	1.1-4.0
鋸木屑	400-580	5.6-14.8	27-102	1.3-13.4	0.8-10.0	3.5-41.3	2.2-5.6

表八、動物糞便之化學組成　(乾基，g/kg)

種類	碳	氮	碳氮比	磷	鉀	鈣	鎂
牛糞	250-400	18.9-2.35	15-28	2.1-2.4	6.1-29.0	1.4-14.3	3.6-12.6
豬糞	40-540	16.0-47.8	14-31	4.4-51.1	1.3-16.0	5.7-10.4	0.9-10.2
肉雞糞	250-470	6.0-410	8-28	6.1-30.5	6.4-35.0	11.2-90.0	3.0-12.1
蛋雞糞	270-320	6.0-29.0	9-14	6.1-29.7	5.9-31.5	5.2-58.6	1.8-10.8
羊糞	360-480	16.0-24.0	18-23	6.5-23.0	15.8-33.2	9.3-38.6	4.2-8.4

表九、一些動物質材之化學組成 (g/kg)

種類	碳	氮	碳氮比	磷	鉀	鈣	鎂
雞毛		88.5-136.2		1.2-2.0	0.4-0.9	2.2-4.7	0.3-1.7
魚骨粉		28.2-78.8		8.6-9.1	8.0-8.3		
魚粕		47.6-7.0		18.8-29.8	1.4-7.9	3.9-55.1	2.8-41.2
皮革粉	380-390	45.0-90.3	86-87	0.1-4.5	0.2-4.4	1.0-7.7	0.1-2.8
骨粉		83.5		11.5	3.9	50.2	1.8

表十、一些堆肥之化學組成 (g/kg)

種類	碳	氮	碳氮比	磷	鉀	鈣	鎂
牛糞堆肥	104-370	10.2-31.9	10.0-20.0	3.5-10.6	9.9-143	1.6-2.3	5.3-8.9
牛糞堆肥	150-290	12.0-39.0	4-24	3.5-28.8	3.3-5.0	13.6-164.3	4.2-22.8
豬糞鋸木屑堆肥	360-385	20.9-70.5	10-16	4.7-7.6	4.9-181	26.1-39.7	4.5-6.1
雞糞鋸木屑堆肥	280-310	22.5-24.6	11-14	17.4-18.9	2.3-28.8	62.1-68.8	0.9-1.1
雞糞堆肥	170-500	4.0-57.0	6-94	0.9-91.7	2.5-54.8	13.6-235.7	1.8-30.
牛糞茶渣堆肥	377-387	32.0-34.2	11-12	4.7-11.9	10.1-16.6	17.9	4.9
糖蜜蔗渣堆肥	224	17.5	13	2.6	35.1		
豌豆渣稻殼堆肥	360	280-30.0	12	1.6-4.6	10.1-14.9	24.5	3.2
蔗渣堆肥	240-348	16.2-29.0	8-21	2.3-7.0	10.4-35.8	55.1	6.9
蔗渣堆肥	120-480	8.5-35.4	9-38	0.8-11.5	3.5-41.0	14.2-16.0	6.5-8.2

添加到土壤中的有機物含有不同的碳化合物而使其分解速率有大的差異。

所添加的有機物之生物分解速率與量，視其所含之每一個碳化合物而定。

Ajwa 和Tabataba (1994) 指出，將有機物加至土壤中，起初會使二氧化碳的釋出急速上升，但是此又因有機材質之不同而不同；

環境因子之不同也使有機物在土壤中的分解速率不同。

其中以**氧氣**、**水分**、**溫度**、**pH值**及**有效的無機養分含量**最重要。

Hadas 和Pornoy (1994) 報導，通常**成熟的堆肥** (mature compost) 的**礦化常數**每年約為**10%**，Bitzer和Sims (1988) 指出，家禽廄肥在施入土壤後之第一年會有**66%**有機氮礦化；

Cabrera等人 (1994) 之研究顯示，家禽廄肥會快速礦化，他們估計其中的有機態氮在施入土壤中後**十四天**之礦化率約為**35-50%**；

Griffin等人 (2000) 則報導，在一季作物生長期間不同的堆肥之有機態氮的礦化量不同：

肉牛糞堆肥25%、乳牛糞堆肥35%、豬糞堆肥50%而家禽糞堆肥60%；

Robertson 和 Morgan (1995) 之研究則顯示，**家禽糞堆肥中70%的氮及剪草 (grass clippings) 堆肥中11-34%的氮**，在試驗的81天內礦化；

Gilbertson 等人 (1979) 之研究顯示動物廄肥中的有機氮礦化速率與其中的氮含量成正相關。

有機物在土壤中累積之能力，則與礦化速率成反比。

因此，計算有機肥料的用量時，應考慮其在一季作物生長期間之可礦化氮量，但是也應考慮其殘效。

在第一次施用有機肥料時，其施用量應較高。如Heckmann等人 (2009) 建議可施用**60,000-75,000 ha**，但是就實際栽培而言，此量甚多，因而增加極大之生產成本。

因此，施入量若以該作物所需氮肥施用量除以有機物在第一年之可礦化量，可以做為理想的估計用量。

如某作物之需氮量為100 kg/ha，有機物之礦化量為50%，有機物的含氮量為20 g/kg (2%)，則有機肥料的施用量為100 kg/ha ÷ 20 g/kg × 1,000 g/kg ÷ 50% = 10,000 kg/ha。

此施用量則與Heckmann等人 (2009) 建議於肥沃土壤之例行施用量相近。

通常一般堆肥經過二、三年後，能再礦化氮是有限的。

若有機肥料為不易礦化者，則施入二、三年後，再礦化氮會增加。

如長期使用牛糞堆肥及其他堆肥，慢慢增加可礦化氮，但是有些材料之增加則有限，如雞糞堆肥

二、作物的種類、特性及生長階段

對不同的作物施用有機肥料時，作物的**氮吸收動態與氮的總吸收量**一樣重要，甚至更為重要。

對作物的生長而言，

動態是非常重要。

不同的作物其生育過程中乾重之累積情形不同，因此，對養分之需求情形不同，尤其是氮。

作物生長最旺盛之營養生長期，氮之需求較高。因此，生產者須瞭解**作物之生長型態**，以便選擇所用之肥料以及能正確的選擇追肥時間與所用之肥料種類。

對有機栽培而言，除了有機液體肥料之外，追肥也是不容易的，因此，在有機農業裡是**不建議追肥措施**。

實際上，一個**管理好的土壤**，土壤應能供應足夠的氮，以滿足作物之需求。

高品質低碳氮比之有機肥料可以用來供應剛播種或移植初期作物**四至五週**所需之氮。

對氮需求高的作物，應該額外補充高氮含量之有機肥料。

就此目的而言，**雞糞廄肥**可以滿足此條件，因其有機碳含量低，無機氮含量高，碳氮比低。

就**長期施肥**而言，應該使土壤中的有機物、氮、磷及其他元素之含量逐漸提升，即形成一定之土壤肥力。

在作物生長期中，不同生長階段的養分需求不同，如水稻在生育初期，對氮及磷的要求量多，成熟期則不須太多之氮。

菜類與葉菜類的營養生長與生殖生長同時進行，其養分吸收一直持續到收穫期。

因此，種植不同的作物，應考慮施用有機肥料之特性，而瞭解作物之氮需求是必要的。

三、土壤特性

在相同的氣候條件之下，土壤中有機碳的累積或有機物的礦化因土壤種類不同而不同。

種種土壤特性，如**質地**、**坡度**、**排水性**、**酸鹼度**、**有效養分量**均影響其中之微生物種類與數目，進而影響有機物的分解與礦化作用。

如細質地土壤要使有機物逐漸累積與維持在一定的含量比粗質地者容易。

四、殘效

雖然不同的有機肥料的元素組成有很大的差異，一般而言，**基於氮用量**的有機肥料施用，造成**磷的累積**。

如根據Tran 和N'dayegamiye (1995) 的研究，長時期每年施用20 t/ha 牛糞堆肥使土壤中的無機與有機磷增加，周等人 (2006) 之研究亦得相同之結果。

短期間施入大量禽畜糞堆肥也會使磷在土壤中累積；

其他元素，也有相同的情形。

如長期施用堆肥使土壤的pH上升到七以上，即是鹽基性元素累積的現象。

因此，需要常常變化所施用之堆肥的種類，以免造成元素之不平衡，而不利於作物生產。

表一、設施內栽培蔬菜經七年不同量有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg			mg/kg				
化學肥料	7.3 a	0.5 d	9.1 d	1.1 c	8.4 bc	59 d	91 d	1536b	2.0 a	5.9c
不施肥	6.7 c	0.7 cd	10.4 c	1.2 c	8.9abc	78 c	112cd	924c	1.9 ab	5.5c
一倍量氮	7.1 b	0.8bcd	14.0 b	1.8 b	7.6 c	65 cd	130 c	1685b	1.4 bc	9.3c
二倍量氮	6.7 c	1.1 a	23.7 a	2.9 a	8.3 ab	126 ab	198 b	2151a	1.7 cd	27.9a
三倍量氮	6.7 c	0.9 b	28.3 a	2.8 a	10.3 a	139 a	248 a	2216a	1.2 cd	29.3a
四倍量氮	6.7 c	0.9 b	27.1 a	2.8 a	9.7 ab	115 b	229 a	2083a	0.9 d	20.1b

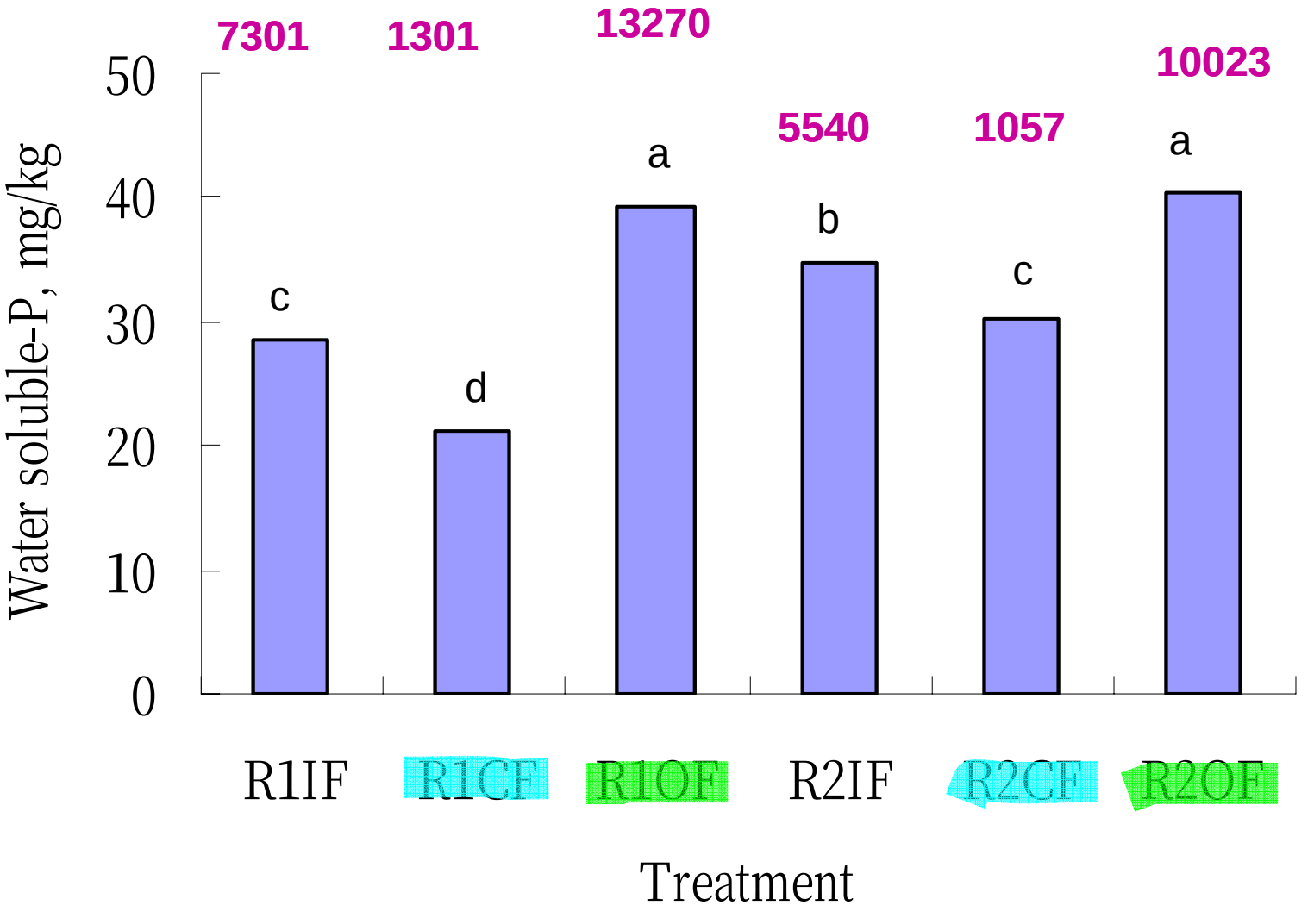
1 飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

表二、設施內栽培蔬菜經七年施用不同種類有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg			mg/kg				
牛糞堆肥	4.2 d	3.5 a	55.4 b	6.6 b	8.4 c	313 a	301bc	1608bc	3.7 e	52.2 de
牛糞堆肥	6.8 a	1.9 cd	44.4 c	4.4 c	10.2 ab	137 c	296bc	2056 a	14. a6	116.0 a
雞糞堆肥	6.4 a	1.3 d	31.3 e	2.8 d	11.6 a	272 ab	511 a	1966ab	9.6 b	94.7 b
大豆粕	4.7 c	1.2 d	18.5 f	1.9 e	9.8 bc	322 a	210 c	187 e	4.6 d	21.6 f
豌豆頭稻殼堆肥	4.3 d	2.7 b	66.7 a	7.7 a	8.6 bc	331 a	530 a	1809ab	1.8 f	46.7 e
輪施堆肥	5.7 b	2.0 c	39.3 d	4.2 c	9.4 bc	220 b	360 b	1358 c	5.4 c	62.1 cd
未施肥	5.9 b	1.5 cd	35.5 d	3.4 d	10.3 ab	220 b	291 bc	672 d	5.9 c	65.9 c

1 飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

水萃取磷劃份


7301
1301
13270
5540
1057
10023
a
b
c
c
d
a
50
40
30
20
10
0
Water soluble-P, mg/kg
R1IF
R1CF
R1OF
R2IF
R2CF
R2OF
Treatment

作物營養管理

生產者需要培養觀察土壤與作物，以判斷其土壤品質之能力。

即生產者必須建立自己之土壤是活系統的指標，這種判斷，很主觀，卻很有用。

雖然如此，以目前所用**慣行土壤分析方法**對土壤性質之**監測**，仍是有機農業經營上之重要一環。

即使慣行農法之土壤分析是**預期作物短期之營養需求**，因而無法用在有機農法以形成長期土壤肥力為目標者，但是仍有助於瞭解當前之土壤肥力狀態，得知所採用之**施肥管理策略**是否合宜，做為往後施肥與土壤管理之參考。

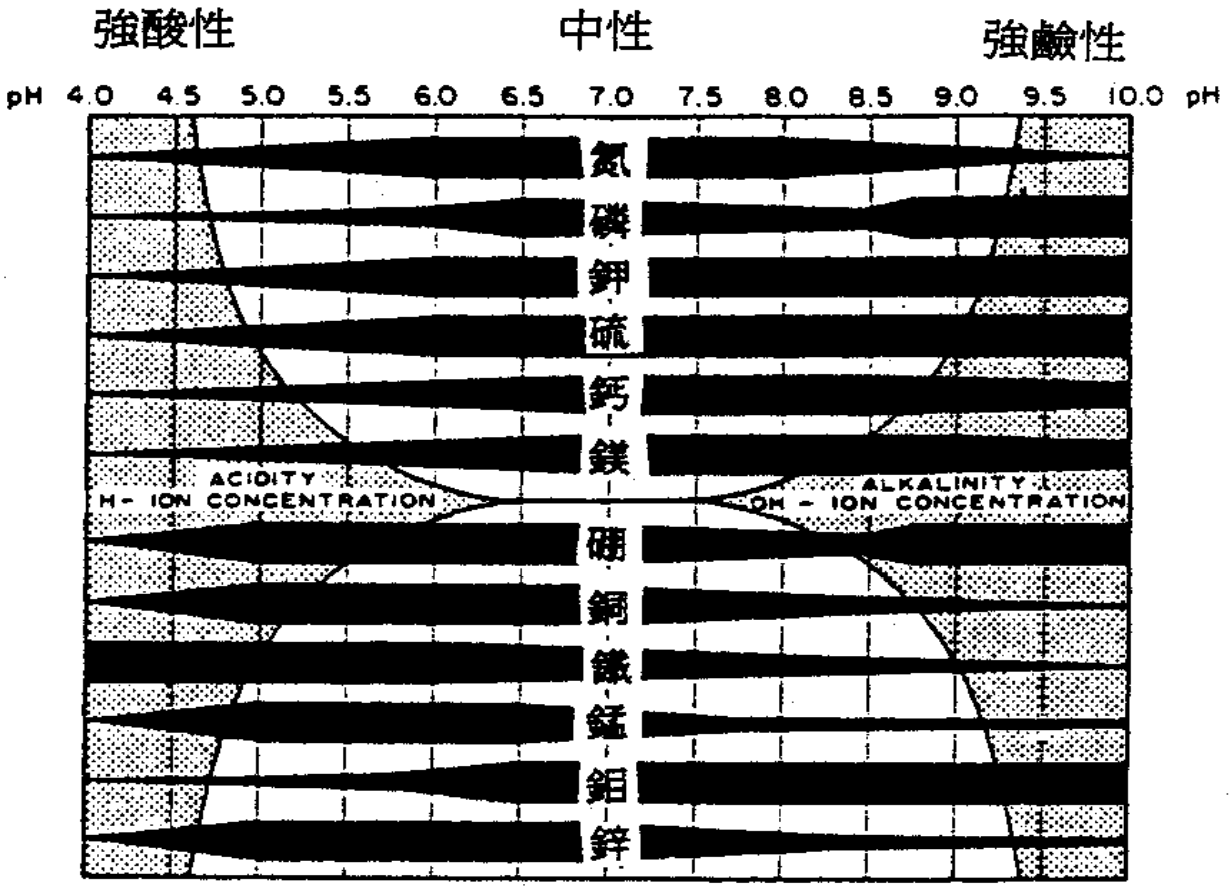
在土壤性質之監測上，以土壤酸鹼度、鹽分(以飽和水導電度或土水比1：2或1：5之電導度表示) 及有機物的含量三者最方便測量且最重要，其餘的土壤性質則包括有效養分含量與重金屬含量。

一、酸鹼度

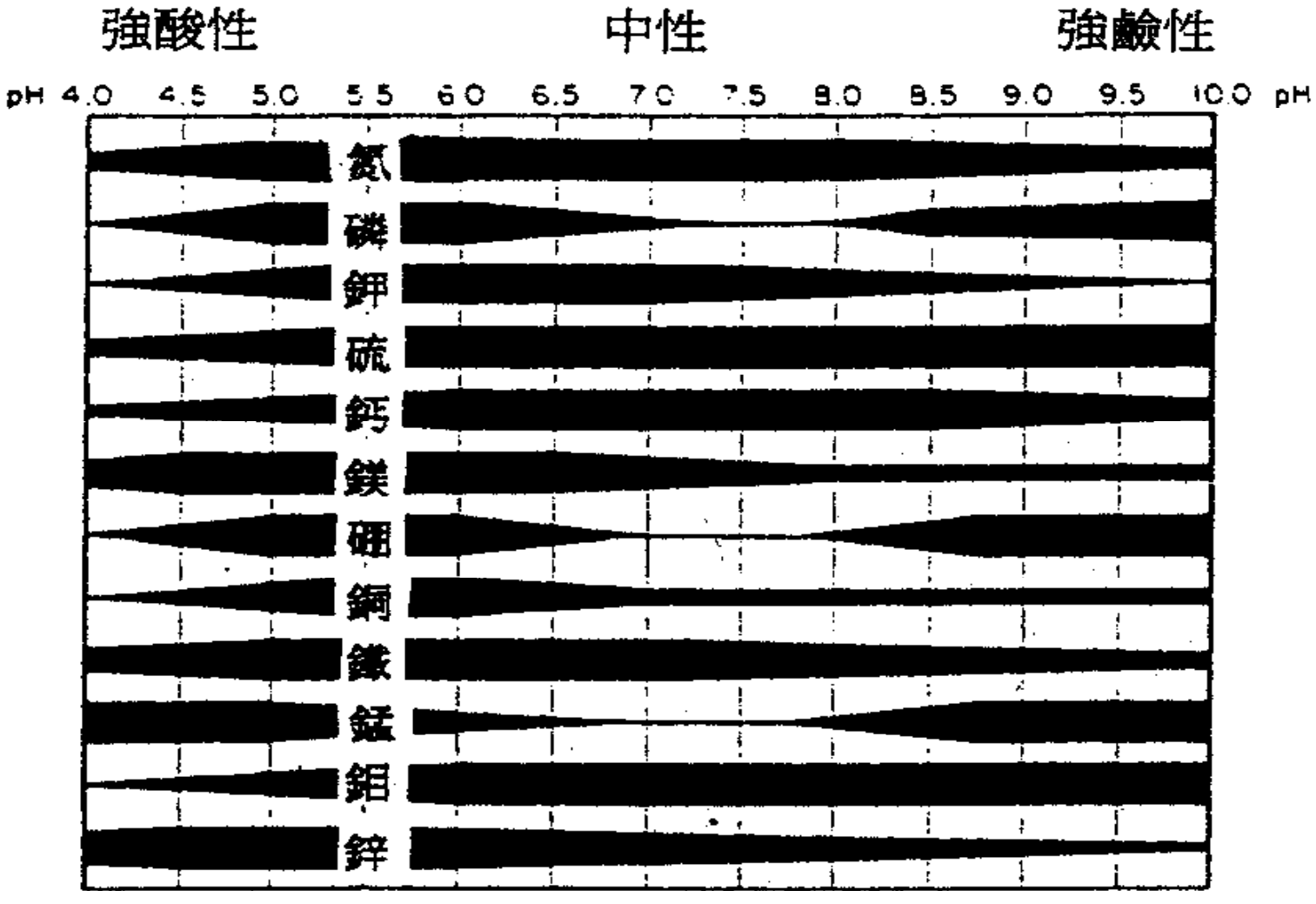
土壤酸鹼度的測量在土壤肥力的診斷上是最重要的。

目前的測定所使用的pH計對土壤酸鹼度的測量提供方便的方法且有許多用處：

1. 易測定、精確與價廉；
2. 其值易解釋及相對的易瞭解；
3. 廣泛的與一些元素的有效性相關。



▲ 圖二十七　土壤PH對礦質土壤養分有效性之影響；黑色部分之寬度越大者表示養分有效性越高(取自Oscar與Maynard, 1988)



圖一、有機質土壤的酸鹼度與其中之養分有效性 (修改自Lucas 與Davis，1961)

土壤的酸鹼度太高與太低均影響其中之養分的有效性。

如磷與鉬兩元素在pH低時，溶解度低，但是鐵、錳與銅則於pH大於6.5 時，溶解度低；

氮的礦化，在pH 6.0-8.0有最大的速率；

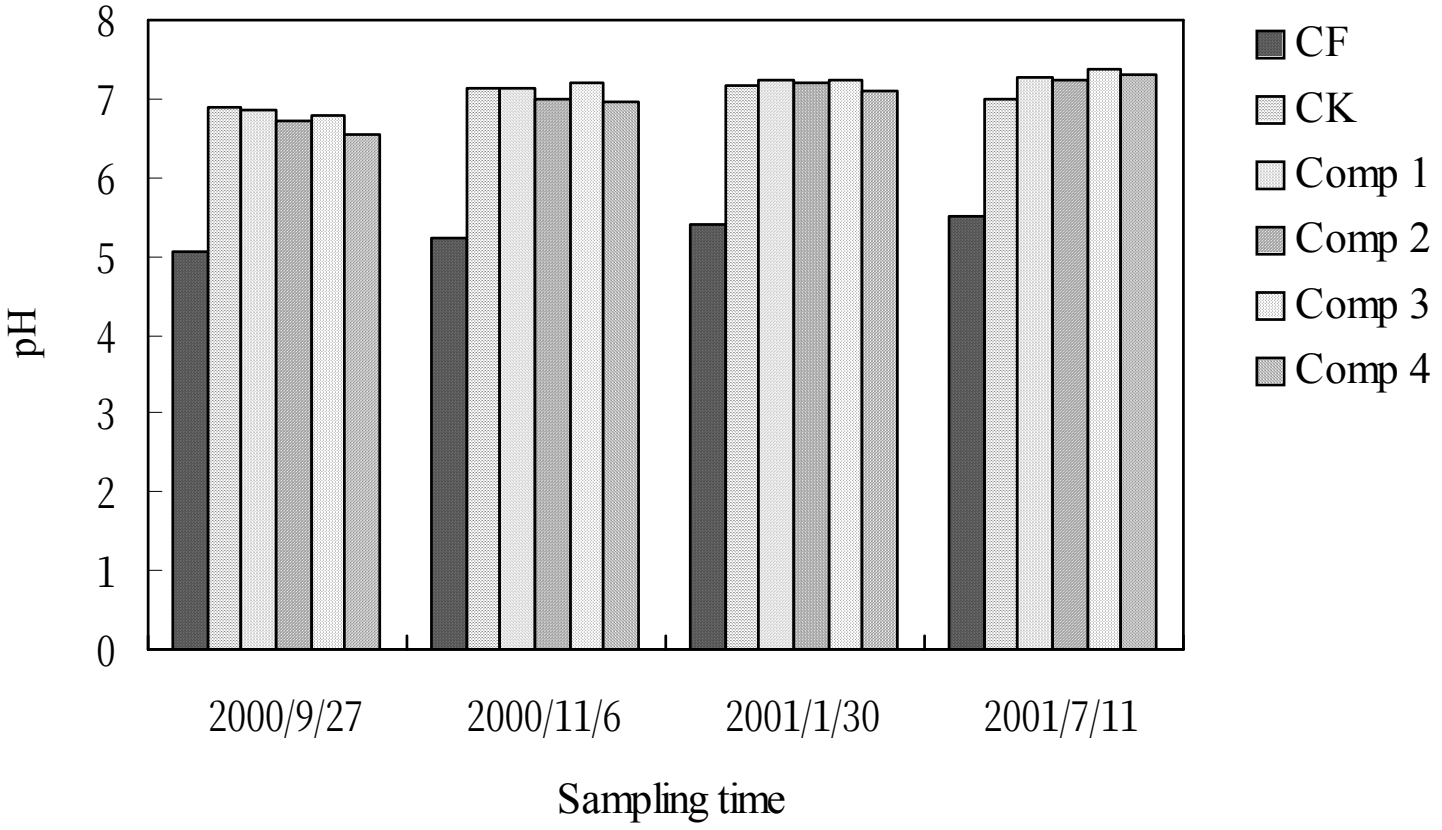
磷約於pH 6.5 時的溶解度最高；

鉀則因鈣之施用而有效性下降，在酸性條件下則易流失；

硫的礦化與氮所受的影響相似，但是其最大速率之酸鹼度範圍較廣。

良好的土壤管理，應使其**pH低於7**。

維持土壤在適當的pH也對土壤動物與微生物重要，如**蚯蚓無法生存在pH小於五之土壤**，土壤pH也影響土壤中細菌、真菌與放線菌族群之數目與分佈，因而影響土壤中之養分循環與植物病害之發展。



圖一、不同用量有機質肥料對土壤 pH 的影響

二、鹽分

土壤中可溶性鹽類的量是**土壤中可立刻為植物吸收之養分量的測量**，因此，理論上，可溶性鹽類的量越多，植物可利用之養分量也越多。

但是，當土壤中可溶性鹽類的量超過某一量時，會影響植物對水的吸收，因而使植物吸收缺水而死亡。

所以，依作物之**耐鹽性**不同，土壤中可以累積的可溶性鹽類的量也不同。

表十一、土壤電導度 (dS/m) 分級

電導度分級	水飽和土壤	水土比 1：2	水土比 1：5	說明
I 非鹽性	0-2	0.26-0.50	0.11-0.25	鹽分對大部分植物的影響可忽略，肥力偏低
II 輕微鹽性	2-4	0.51-1.25	0.26-0.60	鹽分對最敏感的植物之收量可能受影響，適合作物生長
III 中等鹽性	4-8	1.26-1.75	0.61-0.80	鹽分對許多植物之收量可能受影響，肥力略高
IV 強鹽性	8-16	1.76-2.00	0.81-1.00	只有少許耐鹽的植物能夠有足夠的產量，肥力偏高
V 極強鹽性	> 16	> 2.00	> 1.00	只有少許極耐鹽的植物能夠有足夠的產量，大部分作物受害

表六、施用不同量有機肥料土壤的一些性質

處理	pH	EC[1]	O.M.[2]	TN[3]	Avail. P[4]	Avail. K[5]	NO_3-N	NH_4-N	Ext. Cu[6]
	(1:1))	dS/m	g/kg	g/kg			mg/kg		
CF	7.04	3.51	26.6	1.59	104	113	51	29	1.6
CK	7.83	2.56	25.1	1.52	84	73	17	26	2.2
Comp 1	7.77	3.15	31.4	1.94	105	141	54	26	2.4
Comp 2	7.64	3.53	38	1.89	131	240	89	19	2.3
Comp 3	7.54	4.58	46.1	2.39	157	411	159	13	2.9
Comp 4	7.39	5.17	53	3.12	183	613	200	6	2.7

三、有機物含量

土壤有機物是大部分土壤氮、65%土壤總磷及相當量硫與其他之植物必須元素的貯藏庫，故土壤有機物含量與土壤肥力，甚至土壤品質密切相關。

而廣被接受之另一看法是碳為土壤微生物代謝所須之主要能源，在其代謝過程中影響養分有效性與土壤構造。

Gregorich 等人則提出有機物是。土壤品質之重要指標

經長期施用有機肥料之後，使土壤中能形成某一定量的有機物，以發展適合作物生長之物理、化學與生物性質。

Bauer與Black (1994) 探討土壤有機物含量與土壤生產力的關係顯示，土壤有機物含量高者的土壤生產力高。

長期施用有機肥料，使土壤中有機物累積 ，理想的農業土壤應使其有機物含量至約**50 g/kg左右**。

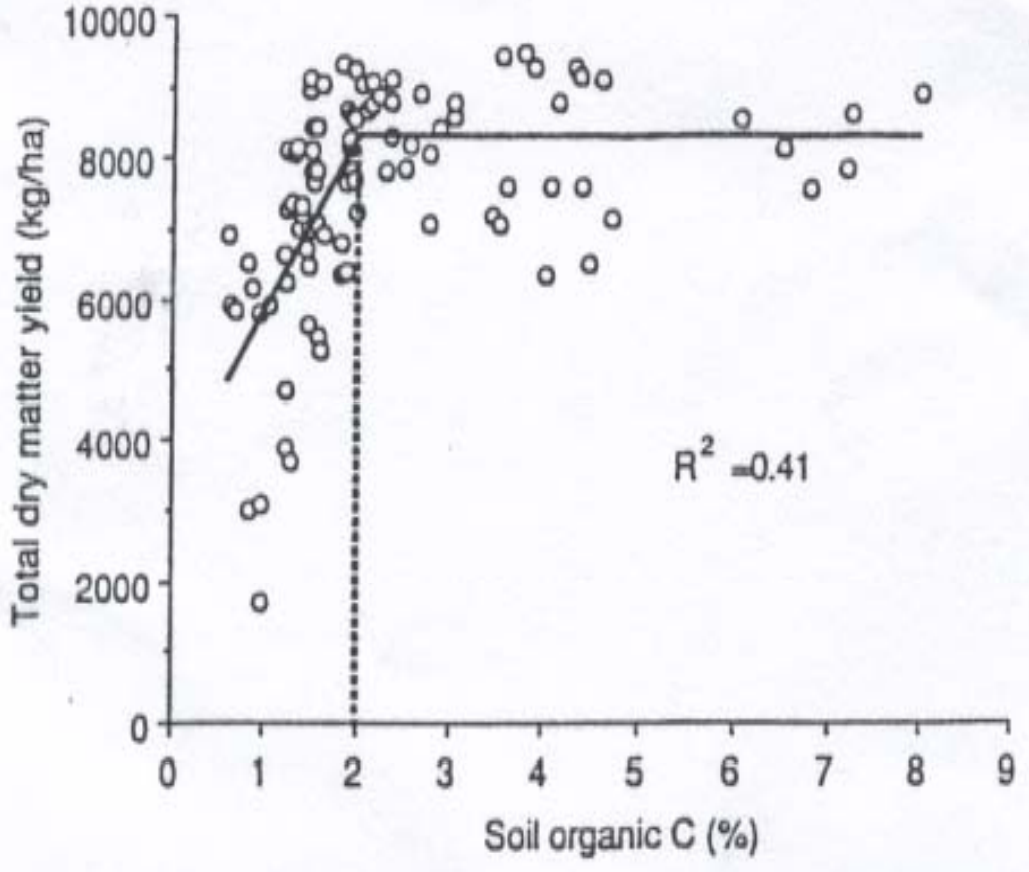


Figure 2 Relationship between organic C concentration in the surface 0–15 cm of soil and soil productivity as determined by total dry matter yield at dryland site in Alberta, Canada, in 1991 (after Janzen *et al.*, 1992; with permission).

表一、設施內栽培蔬菜經七年不同量有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg			mg/kg				
化學肥料	7.3 a	0.5 d	9.1 d	1.1 c	8.4 bc	59 d	91 d	1536b	2.0 a	5.9c
不施肥	6.7 c	0.7 cd	10.4 c	1.2 c	8.9abc	78 c	112cd	924c	1.9 ab	5.5c
一倍量氮	7.1 b	0.8bcd	14.0 b	1.8 b	7.6 c	65 cd	130 c	1685b	1.4 bc	9.3c
二倍量氮	6.7 c	1.1 a	23.7 a	2.9 a	8.3 ab	126 ab	198 b	2151a	1.7 cd	27.9a
三倍量氮	6.7 c	0.9 b	28.3 a	2.8 a	10.3 a	139 a	248 a	2216a	1.2 cd	29.3a
四倍量氮	6.7 c	0.9 b	27.1 a	2.8 a	9.7 ab	115 b	229 a	2083a	0.9 d	20.1b

1 飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

表二、設施內栽培蔬菜經七年施用不同種類有機肥料對土壤性質之影響

處理	pH(1:1)	EC[1]	C_{org}	T-N[2]	C/N	P[3]	K[4]	Ca[4]	Cu[4]	Zn[4]
		dS/m	g/kg				mg/kg			
牛糞堆肥	4.2 d	3.5 a	55.4 b	6.6 b	8.4 c	313 a	301bc	1608bc	3.7 e	52.2 c
牛糞堆肥	6.8 a	1.9 cd	44.4 c	4.4 c	10.2 ab	137 c	296bc	2056 a	14. a6	116.0
雞糞堆肥	6.4 a	1.3 d	31.3 e	2.8 d	11.6 a	272 ab	511 a	1966ab	9.6 b	94.7
大豆粕	4.7 c	1.2 d	18.5 f	1.9 e	9.8 bc	322 a	210 c	187 e	4.6 d	21.6
豆頭稻殼堆肥	4.3 d	2.7 b	66.7 a	7.7 a	8.6 bc	331 a	530 a	1809ab	1.8 f	46.7
輪施堆肥	5.7 b	2.0 c	39.3 d	4.2 c	9.4 bc	220 b	360 b	1358 c	5.4 c	62.1 c
未施肥	5.9 b	1.5 cd	35.5 d	3.4 d	10.3 ab	220 b	291 bc	672 d	5.9 c	65.9

飽和水導電度。2 總氮。3 Bray-1 磷。4 Mehlich-III 可萃取鉀、鈣、銅、鋅。

Some selected chemical properties of the soil after 20 years of continuous cultivation

	pH (1: 1)	EC (Sat.) dS m^{-1}	TC	TN	Mehlich-III Extractable P	K	Ca	Mg
			——g kg^{-1}——		————mg kg^{-1}————			
1988	6.60		11.7	1.5	96	86	2128	197
CS1-CF	6.04 b	0.57 cd	11.2 d	1.3 c	289 e	271 d	3165 d	477 e
CS1-IF	6.98 a	0.79 b	16.4 c	2.0 b	609 c	316 c	5879 c	831 c
CS1-OF	7.09 a	0.97 a	26.6 a	2.8 a	948 a	404 b	10343 a	1262 a
CS2-CF	6.14 b	0.50 f	9.3 d	1.6 bc	330 d	293 cd	2650 d	454 e
CS2-IF	6.85 a	0.68 bc	18.6 c	2.6 a	602 c	393 b	5236 c	764 d
CS2-OF	7.09 a	0.98 a	23.5 b	2.9 a	839 b	483 a	8533 b	1175 b

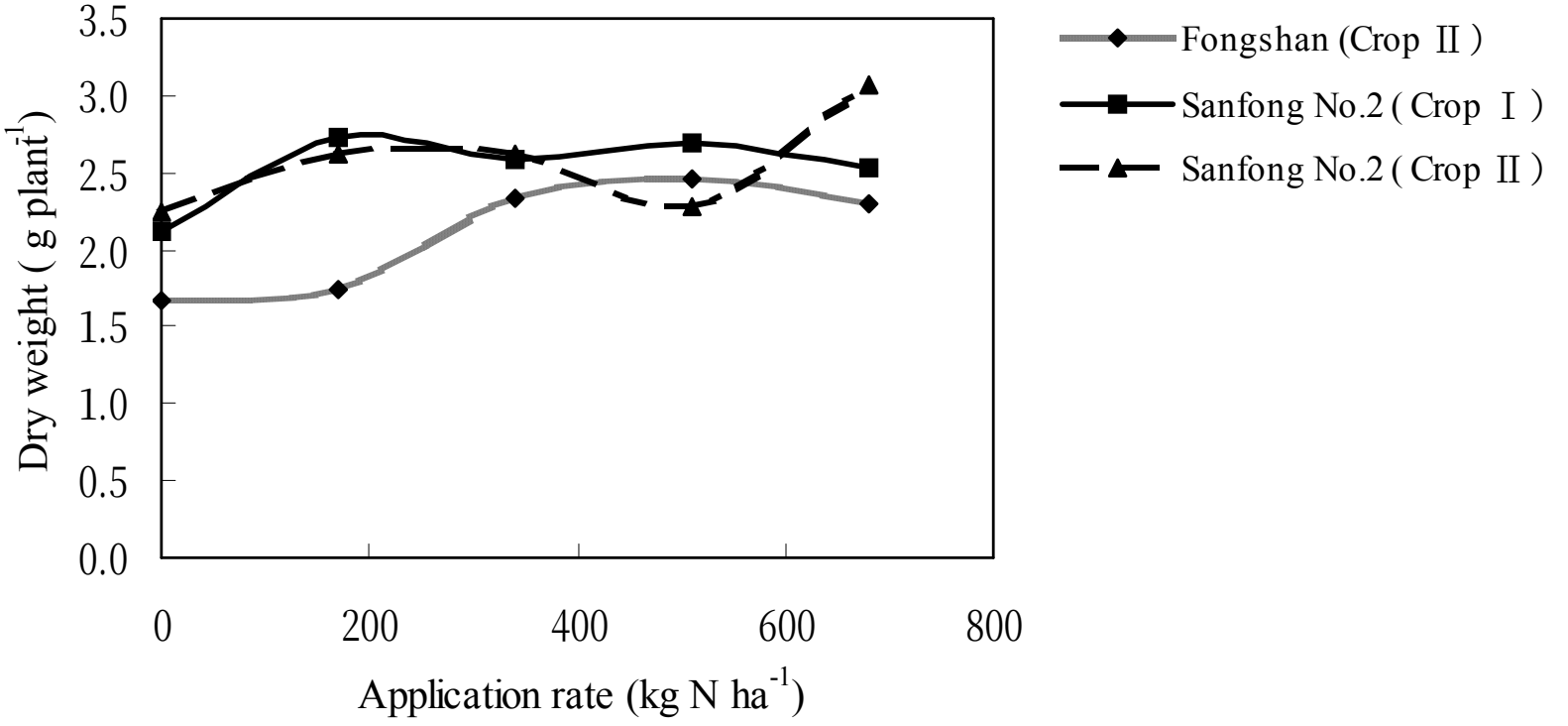
但是台灣地處亞熱帶，有機物分解快，一年之中有機物分解可能達**15 g/kg**。

因此，這樣的高量 (50 g/kg) 不易達到，也無必要。

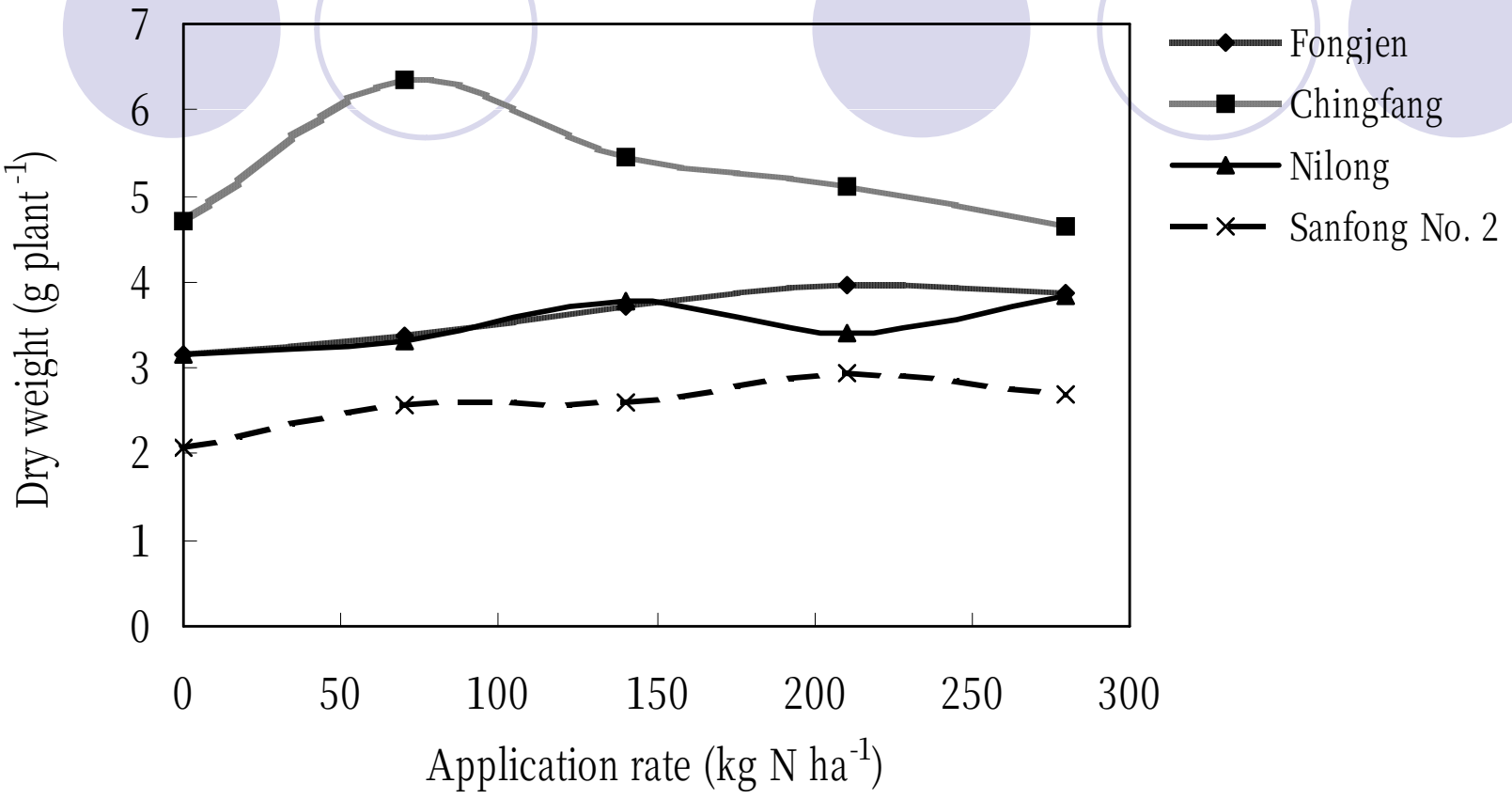
因有機物分解快而會造成土壤中鹽分之累積與養分之流失與污染環境的機會。

一般而言，使土壤有機物含量達到**30-35 g/kg**，可以當做長期之施肥目標。

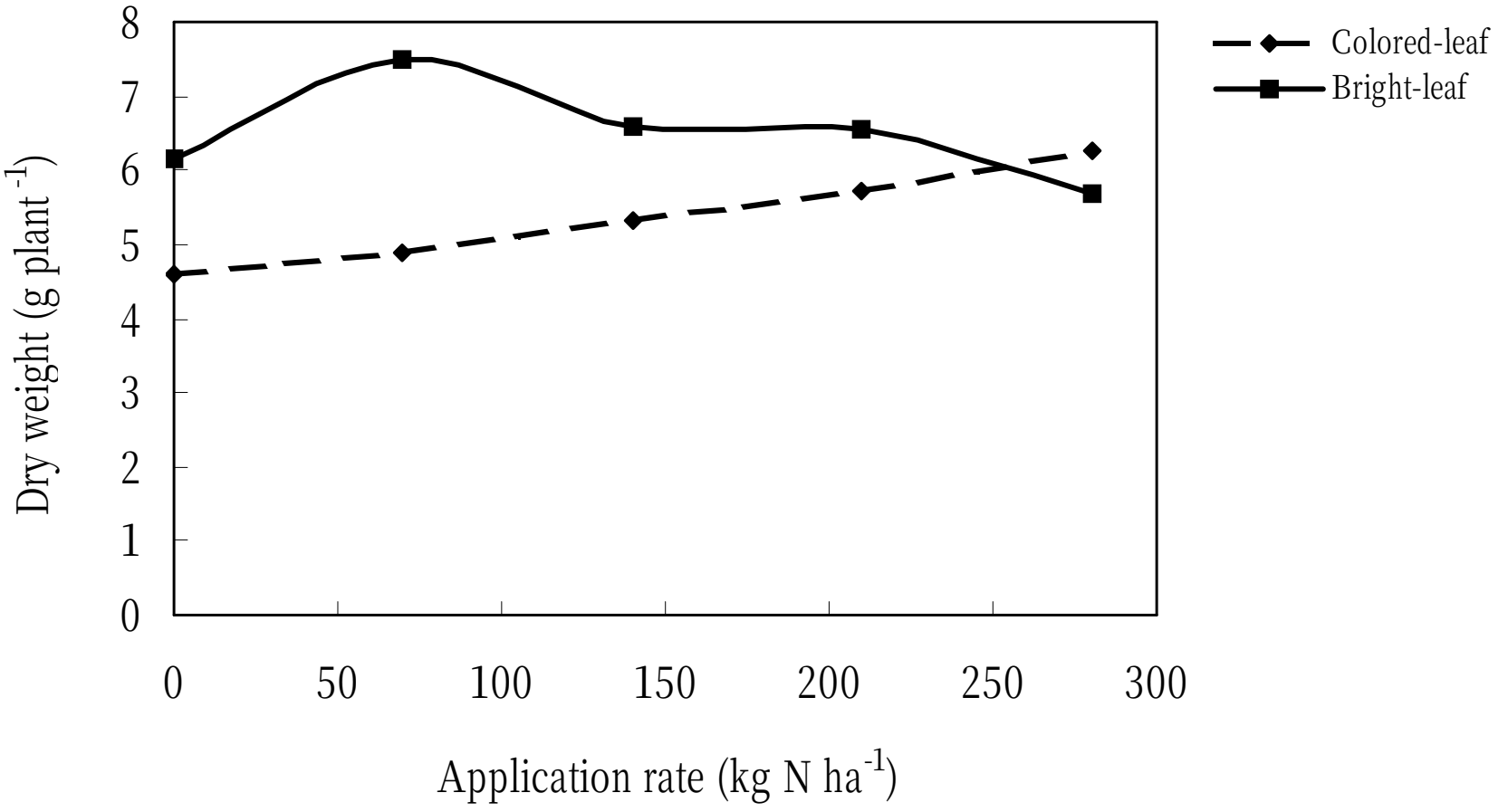
因為施用有機肥料之最終目的即在使土壤中有一定量的有機物存在。



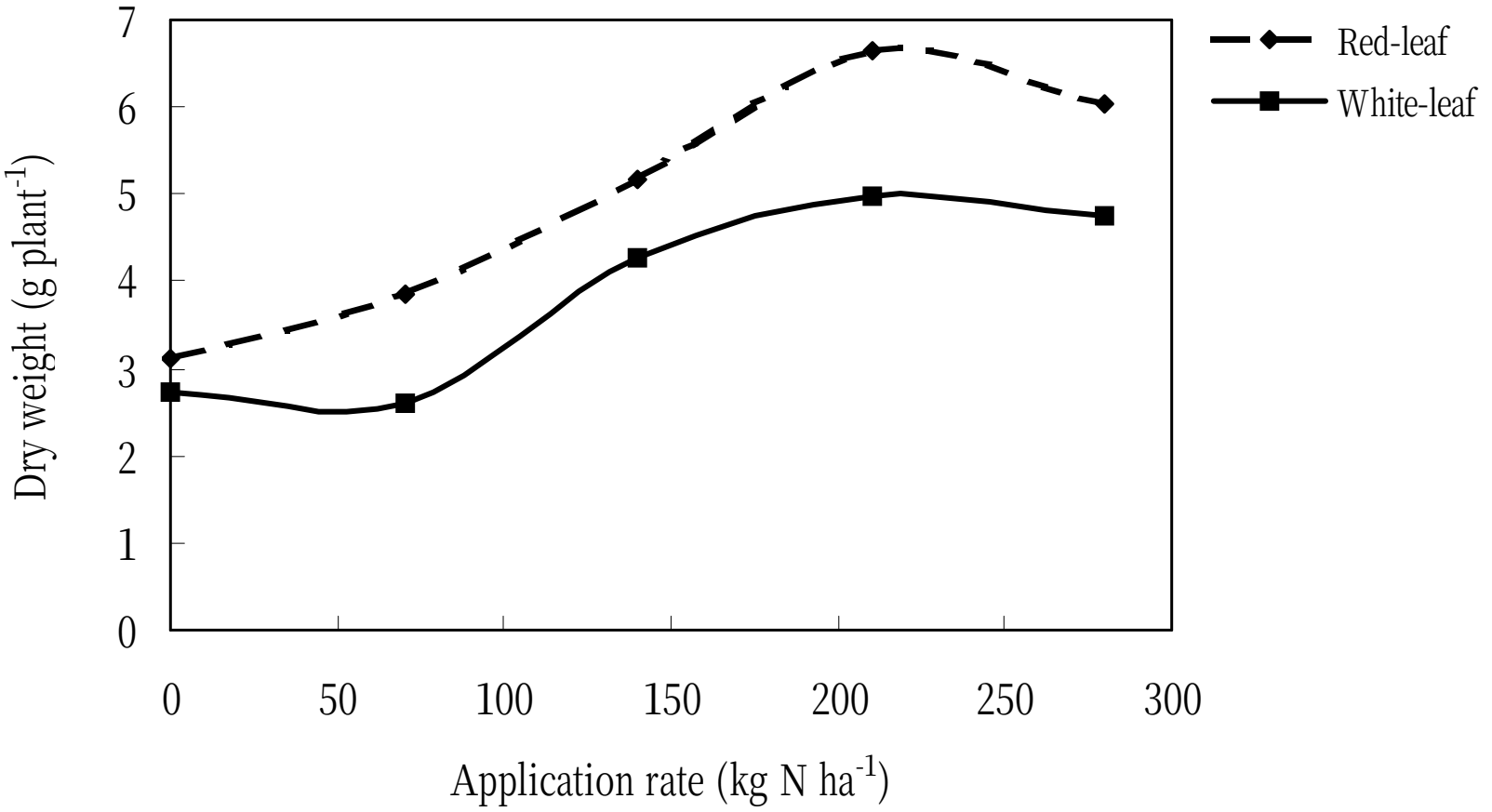
不同用量有機質肥料及其殘效對鳳山及三鳳二號小白菜生長的影響



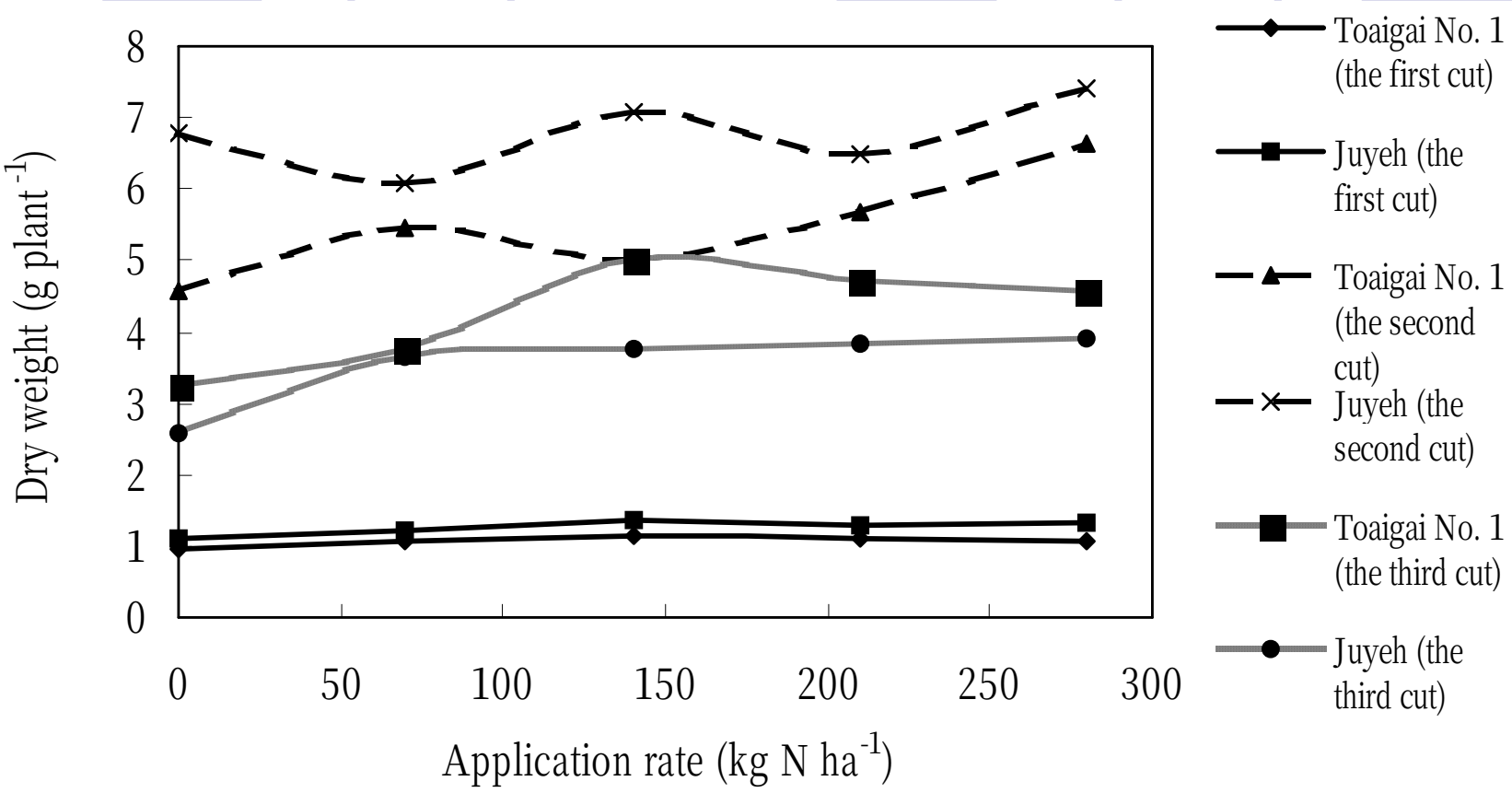
不同用量有機質肥料對同時生長之不同品種小白菜植體乾重的影響



不同用量有機質肥料對同時生長之不同品種葉萵苣植體乾重的影響



不同用量有機質肥料對同時生長之不同品種莧菜植體乾重的影響



不同用量有機質肥料對同時生長之不同品種蘿菜植體乾重的影響

三、桃園農改場不同施肥管理對土壤化學性質的影響

atment	pH (1:1)	EC dS m^{-1}	C_{org} g kg^{-1}	Total N g kg^{-1}	C/N	Bray-1 P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn
						mg kg^{-1}							
	4.2 d	3.5 a	55.5 ab	6.1	9.1	313.4 a	301.2 bc	1608.1 bc	733.9 b	536.7 bc	216.8 a	3.7 e	52.2
	6.8 a	1.9 cd	46.8 bc	4.1	11.4	136.9 c	296.1 bc	2055.5 a	382.5 c	616.1 ab	84.8 d	14.6 a	116.0
	6.4 a	1.3 d	39.2 cd	1.4	27.6	272.3 ab	511.2 a	1965.5 ab	471.1 c	448.5 c	166.3 b	9.6 b	94.7
M	4.7 c	1.2 d	28.5 d	1.2	24.3	322.2 a	210.2 c	187.3 e	343.4 c	526.1 bc	49.3 e	4.6 d	21.6
	4.3 d	2.7 b	66.3 a	1.5	43.5	330.9 a	529.9 a	1808.7 ab	914.3 a	736.8 a	130.2 c	1.8 f	46.7
k	5.7 b	2.0 c	41.8 c	4.4	9.5	220.0 b	360.0 b	1357.9 c	332.6 c	528.3 bc	123.5 c	5.4 c	62.1
ntrol	5.9 b	1.5 cd	38.2 cd	3.6	10.7	220.2 b	291.2 bc	672.5 d	973.1 a	615.7 ab	113.9 c	5.9 c	65.9

hin columns, means followed by the same letter are not significantly different ($P \leq 0.05$) using Duncan's multiple range test.

桃園區農業改良場溫網室(7年37作)

選擇適當的輪作體系

一、深根的作物接著淺根的作物之後栽培，以利於土壤構造的打開與排水；

二、交替種植根生質量高與低的作物。根生質量高的作物可以增加土壤有機物，尤其是蚯蚓；

三、固氮植物與須氮植物交替栽培，儘可能的使氮的需求平衡；

四、儘可能的使土壤有作物覆蓋，以減少土壤與養分的流失；

五、儘可能的使土壤有作物覆蓋，以減少土壤與養分的流失；

六、生長慢的作物易遭雜草危害，應該在抑制雜草的作物之後栽培。

七、葉菜與有草稈的作物交替栽培，對抑制雜草亦有幫助；

八、若某一作物有疾病或遭昆蟲危害之虞時，則該作物應在特定的時間栽培，甚至不要栽培；

九、儘可能的種不同品種作物及採用混種。

Table 5.3 The suitability of different crop combinations in the rotation.

		Preceding crop												
Following crop		*wh*	*wb*	*sb*	*r*	*o*	*m*	*pe*	*fb*	*lr*	*ley*	*mc*	*ep*	*be*	*br*
Winter wheat	(wh)	−−	−−	−−	o	o	o	++	++	o	o	++	++	o	o
Spring wheat	(wh)	−−	−−	−−	o	o	++	+	++	++	++	++	+	++	++
Winter barley	(wb)	o	−−	−−	o	o	−−	++	−	o	o	−−	++	−−	−−
Spring barley	(sb)	o	−−	o	o	o	++	−	−	−−	o	++	+	++	++
Winter rye	(r)	o	o	o	o	o	o	++	++	o	o	o	++	−	−
Spring rye	(r)	o	o	o	o	o	++	+	++	++	++	++	+	++	++
Oats	(o)	o	o	o	o	−	++	++	++	++	++	++	+	++	++
Maize	(m)	++	++	++	++	++	−	++	++	++	++	++	+	++	++
Peas	(pe)	++	+	++	++	++	++	−−	−−	−−	++	++	+	++	++
Field beans	(fb)	++	+	++	++	++	++	−−	−−	−−	++	++	+	++	++
Lucerne/red cl	(lr)	+	o	++	++	o	o	−−	−−	−−	−−	++	++	++	++
Ley	(ley)	o	o	++	++	++	o	++	++	o	o	++	++	++	++
Maincrop pots	(mc)	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	−	−	++	++
Early potatoes	(ep)	++	+	++	++	++	++	++	++	++	++	−	−	++	++
Beets	(be)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	−−	−−
Brassicas	(br)	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	+	−−	−−

++ Good.

\+ Good, but unnecessary. Other crops make better use of the preceding one. Could be used in combination with catch crop or green manure.

o Possible.

− Limited applications – not advisable if preceding crop harvested late, in dry areas, if pest risk exists (mainly nematodes), or if danger of lodging (e.g. spring barley after legumes).

−− Inadvisable.

Source: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau.

雜草管理

雜草是有機農場中最困擾的問題之一，雜草防治不必把目標放在完全除去。

完全除去雜草也失去生物多樣性，應該是求雜草與作物間之平衡。

集約選擇性的雜草控制將導致另外不易控制的雜草存活與族群的形成。

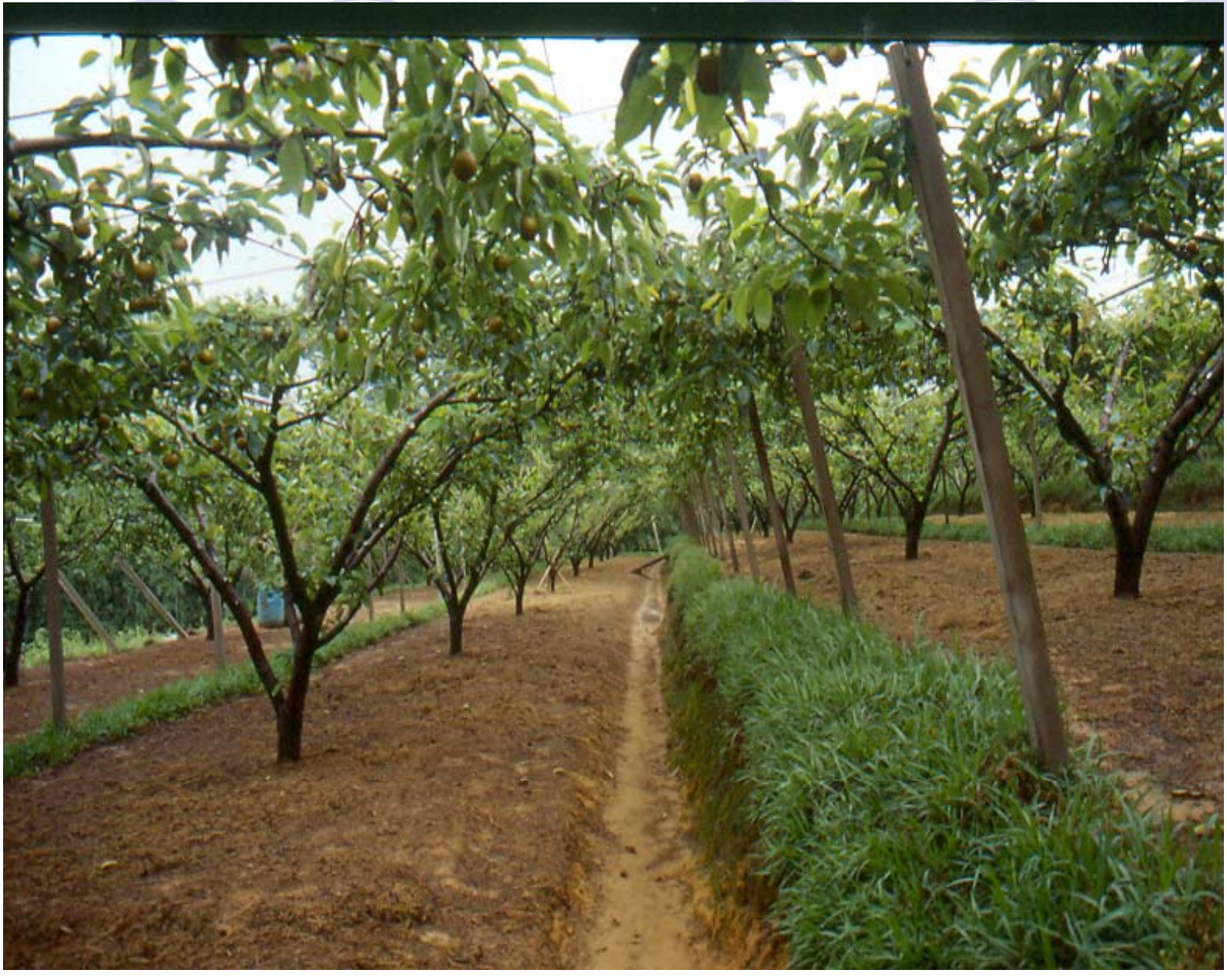
雜草的種類多，其間也會有競爭，也較易於用機械控制與減少其對作物的影響。

將雜草量控制在一經濟的臨界量。

TABLE 3.4 Energy Relationships in Weed Control in Six Experiments on Corn in Minnesota

Method of Weed Control	Energy Input for Weed Control (MJ/ha)	Yield of Corn (kg/ha)	Yield of Corn (MJ/ha)	Net Energy Gain due to Weed Control (MJ/ha)
None	0	3395	56,300	—
Cultivation	580	5090	84,400	27,560 (49%)
Herbicides	390	5660	93,800	37,100 (66%)
Hand labor	340	5780	95,900	39,270 (70%)

Source: Nalewaja (33).



在一農業體系中最成功的雜草為適應作物之生命循環與耕作體系者，此外，還有其他利於其存活的特性：

1. 雜草生長在連作栽培時更能有效利用與開發土壤之資源。
2. 競爭引起種間及種內的改變，因此，控制一種雜草將導致別種成為優勢者。
3. 有高的基因可變性，使其易於適應不同的環境
4. 種子常有一個器官助其散佈且經過長時間之後仍具活力。
5. 對疾病的抵抗力強。

要控制雜草，對其一些性質應熟知，尤其是種子生物學及對其正確的辨認。

在耕作技術方面，可以藉改變土壤條件，以環境來控制其生長繁殖。

有些雜草需要特殊的生長條件，此亦提供了控制的方法；

輪作也是一種好的方法；

適時的耕作以使作物及時生長，形成優勢，是另一種控制的方法；

在兩次耕耘之間，有足夠的時間讓種子發芽，可以減少種子庫，耕犁也把一些種子帶到表面，使其發芽。

增加作物的競爭力是另外一個有效的方法。

如輪作及耕耘時，先育苗、繁殖及移植，使作物在本田很快生長而優於雜草；

作物的生長特性也很重要；

混作有時候也是控制雜草的好方法；

其他的方式，如增加播種量；

有時候，效應來自生物相剋；

也應控制種子的散佈與不讓雜草產生種子。

病與蟲之控制

近二十年台灣農藥用量

年	1984	1989	1993	1996	2000	2003	2007	2009
總量，公噸	6,895	7,650	6,218	9,954	9,016	10,142	9,492	8,589
面積，公頃	891,655	894,601	847535	872,159	851,495	844,097	825947	815,461.8
施用量,kg/ha	8.45	8.49	9.76	9.22	10.59	12.02	11.49	10.53

有機農業以**全觀性的手段**控制病與蟲，包括經由輪作、混作或作物多樣性、使用有機肥料提高土壤生物活性及小心使用生物防治、由植物中萃取抗病或蟲的物質及礦物。

這種防治觀念來自**健康的植物**對病與蟲的抵抗力較強，生物在**逆境** (stress) 之下或**環境不平衡**時產生病且易受蟲之侵襲。

施用有機肥料則直接對土壤抗植物病源有貢獻。

抑病土常是有機質多的土壤，其機制是土壤中微生物彼此間的拮抗作用。

外生菌根菌在根的外面形成一層保護外殼而有助於控制疾病，線蟲也較不易侵襲。

其他的耕作技術亦有助於抑制植物病原菌：輪作、耕耘、浸水、日曬。

品種多樣性導致農業體系較大的穩定性，減少發生特定病或蟲害的危機，連作栽培則否。

但是，有時候，連作栽培也能造成抑病現象。

病或蟲害的問題，並不是單因子所造成的，因此，要用不同的方法使作物與蟲或病之間保持穩定與平衡。

生態的方法也注重天敵的活性。

結語

強調土壤是一活系統，發展有益的生物活性是有機農業定義的中心。

要使作物產高，土壤要有好的物理構造、高的陽離子交換容量及保水力，也應要有相當量的細菌真菌、放線菌及無脊椎動物等。

而這些可以經由提高土壤有機物而達成。

在有機農業裡，生產者應該尋找發展土壤是活系統觀念的指標。

有機農業是永續農業的一環，永續農業應包括成功的管理資源以供農業生產，以滿足變化中人類的需求，並且維持及提高環境品質與保存自然資源，而此則又與適當的作物營養管理(土壤管理)與有機肥料之施用有關。