

施設軟弱野菜における減有機質資材および減肥料栽培が 土壌・作物体に及ぼす影響

三好 昭宏*・桑名 健夫*・西口 真嗣**・牧 浩之*

要 約

兵庫県下の軟弱野菜の主産地である神戸市西区では、有機質資材や肥料の多投入による土壌養分の集積が懸念されている。そこで、神戸市西区平野町の施設軟弱野菜ほ場における養分集積土壌で減資材および減肥料栽培による現地試験を行った。

- ①堆肥を一年間施用しなくても、土壌の化学性、物理性、生物性に与える影響は少なかった。
- ②慣行施肥量の1/2以上の減肥が、生育・収量を高めた。
- ③生育期間中の土壌の硝酸態窒素含量が5～10mg/100g程度で推移することで、高い収量を得た。
- ④電気伝導度(以下EC)による施肥診断は、硫酸根などの影響を受けるため、不適切であった。

Effect of Low Input of Organic Matter and Fertilizer on Yield of Soft Leaf Vegetables and Accumulation of Soil Nutrients in Greenhouse Field.

Akihiro MIYOSHI, Takeo KUWANA, Shinji NISHIGUCHI and Hiroyuki MAKI

Summary

There are some problems of excess nutrient accumulation by high application of organic matters agricultural and fertilizers in greenhouses at Nishi Ward, Kobe City, Hyogo Prefecture which is a main producing area. Some field surveys and experiments were carried out, as follows;

- (1) Without applicative of compost for a year, there was little influence on chemical, physical, biological properties of soils.
- (2) Plant growth and yield were increased, with reducing application of fertilizer to less than half that of the tradition method.
- (3) The yield was increased, as $\text{NO}_3\text{-N}$ contents in the soil were maintained in 5 ~ 10mg/100g growing period.
- (4) Soil diagnosis by EC method was less efficient because of the effect of SO_4^{2-} .

キーワード：養分集積土壌，施設軟弱野菜，硝酸態窒素，減肥，硫酸根，EC

緒 言

兵庫県下の施設軟弱野菜産地の1作あたりの慣行施肥量は、窒素成分で10～15kg/10a程度であるが、年に6～8作の作付けが行われ、年間総施肥窒素量は90kg/10a程度と推定され、著しく多い。さらに、栽培歴は10～15年程を経過しており、土づくりにも熱心な農家が多く、有機質資材の施用量も多投傾向にある。このため、表1に示したように土壌養分の集積が懸念されている。近年、農用地への施肥が環境に及ぼす影響が懸念され、施肥基準の見直しと、減肥料の推進やリン酸肥料の施用に対す

る規制が行われようとしている。しかし、栽培農家は収量や葉色等の品質の向上を期待して多肥栽培の傾向がみられ、減肥料への関心がうすいのが現状である。そこで、堆肥の施用の有無並びに慣行肥料とリン酸の少ない肥料の比較連用試験、施肥適量試験、および、ECによる施肥診断の適応性などを検討したので概要を報告する。

材料及び方法

試験ほ場は、神戸市西区平野町で、軟弱野菜連作ほ場のビニールハウス(間口5.4m,奥行き46m)1棟を供試して、1年間(1994年6月～1995年6月)にわたって行った。試験ほ場の土壌条件は、細粒灰色低地土(室

1998年8月31日受理

*中央農業技術センター**神戸農業改良普及センター

田統), 土性; 埴壤土(1990年度には場整備施工済)である。

試験は, 堆肥の施用の有無, 肥料の種類が土壌・作物体に及ぼす影響をみるため連用試験と軟弱野菜の適正施肥量を把握するため施肥適量試験を行った。連用試験の

構成は表2に示したように, 1) 堆肥施用+みんな有機区, 2) 堆肥施用+エスサン区, 3) みんな有機区, 4) エスサン区とした。試験規模は, 1区62.1m²1連制で行った。供試した堆肥は, オガクズ入り牛ふん堆肥(N;2.1-P;1.5-K;2.1)で, 施用量は, 毎作1t/10aとした。

表1. 神戸市西区施設軟弱野菜の土壌養分分析結果

種類	年度	pH (H ₂ O)	EC mS/cm	腐植 %	交換性塩基			有効態 リン酸 mg/100g
					CaO	MgO	K ₂ O	
平野地区	1989年	7.0	2.00	3.3	747	128	33	194
	1992年	7.0	1.20	—	450	78	89	179
	1993年	6.9	1.10	4.4	523	83	77	178
	1994年	6.9	0.90	5.6	493	80	102	36
	1995年	6.4	1.50	4.5	420	121	93	198
西区全体	1995年	6.7	1.49	3.0	475	130	111	197
診断基準 (畑-施設)		6.0 ~7.0	—	3.0 ~5.0	250 ~300	35 ~50	30 ~50	50 ~100

注) 平野地区n=15、西区全体n=104 神戸農業改良普及センター調べ

表2. 堆肥の有無、肥料の種類と土壌養分の変化

試験区	pH (H ₂ O)	EC mS/cm	腐植 %	T-N %	交換性塩基			有効態 リン酸 mg/100g	硝酸態 窒素 mg/100g	硝酸根 mg/100g	ATP 含有 nmol/g	
					CaO	MgO	K ₂ O					
試験前	堆肥+みんな有機	6.4	1.456	8.9	0.48	542	127	164	451	27.1	553	—
	堆肥+エスサン	6.3	2.240	8.3	0.48	661	154	202	472	52.4	940	—
	みんな有機	5.5	2.130	9.3	0.52	622	185	254	477	48.4	819	—
	エスサン	6.6	1.594	9.6	0.51	582	167	172	453	27.9	719	—
試験後	堆肥+みんな有機	7.0	1.494	9.8	0.50	552	129	157	468	5.5	309	16.6
	堆肥+エスサン	6.9	1.863	9.6	0.49	621	167	198	489	14.2	447	16.3
	みんな有機	7.2	1.602	9.1	0.49	613	168	248	472	9.2	360	13.1
	エスサン	7.2	1.243	9.3	0.47	602	163	195	443	2.2	351	14.1

注) 試験前: 1作後の跡地土壌(1994/7/14)、試験後: 7作目の跡地土壌(1995/6/23)

表3. 耕種概要と肥料の種類別施用成分量

品目	基肥施用 年月日	播種 月日	追肥 月日	収穫 年月日	基肥施用成分量(kg/10a)						追肥施用成分量	
					みんな有機			エスサン			ノルチック	
					窒素	リン酸	カリ	窒素	リン酸	カリ	窒素	
1作目	チンゲンサイ	1994/6/14	6/18	—	7/14	8.0	4.6	4.6	8.0	1.6	1.6	0.0
2作目	シュンギク	8/19	8/21	—	9/27	2.0	1.1	1.1	2.0	0.4	0.4	0.0
3作目	チンゲンサイ	9/30	10/5	10/15	11/14	2.0	1.1	1.1	2.0	0.4	0.4	4.0
4作目	シュンギク	11/17	11/20	12/2	1995/2/3	4.0	2.3	2.3	4.0	0.8	0.8	4.8
5作目	チンゲンサイ	1995/2/3	2/4	2/16	3/30	4.0	2.3	2.3	4.0	0.8	0.8	4.0
6作目	シロタ	3/30	4/4	4/20	5/19	8.0	4.6	4.6	8.0	1.6	1.6	4.0
7作目	コマツナ	5/22	5/25	—	6/23	4.0	2.3	2.3	4.0	0.8	0.8	0.0
計						32.0	18.3	18.3	32.0	6.4	6.4	16.8

堆肥施用区は, 1作当たり 窒素; 6.5kg/10a、リン酸; 4.7kg/10a、カリ; 6.5kg/10aが上乗せされる

施肥は、基肥として有機質配合肥料（以下、みんな有機：7-4-4）と発酵副産液乾燥肥料（以下、エスサン：5-1-1），追肥として硝酸石灰（以下、ノルチッソ；14-0-0）を用いた。

施肥量は、基肥として窒素成分で8Kg/10a，追肥として窒素成分で4kg/10aの施用を現地慣行とし，前作由来の硝酸態窒素の残存量が20mg/100g以上の時は1/4量，10～20mg/100gの時は1/2量，10mg/100g以下の時は慣行量として基肥量を調整した。生育期間が1ヵ月未満の時は追肥を無施用とする減肥料栽培を行った。耕種概要と施用量は表3に示した。

施肥適量試験は，シュンギクを供試し，エスサンを用いて1994年11月20日～1995年2月3日の間に行った。試験区は，1)無施用区，2)半量区，3)慣行区，4)倍量区（窒素成分として各々0，4，8，16kg/10a施用）とし，1区5m²（畦幅1.25m×長さ4.0m）1連制で行った。

ECによる施肥診断の適応性は，試験期間中に採取した跡地土壌を供試し，ECと生土抽出による硝酸態窒素等水溶性の陰イオン量を測定し判定した。

調査は，生育，収量，作物体吸収量，並びに土壌養分について行った。生育は，草丈，グリーンメータによる葉色，栽植密度を調べた。収量は，試験区内より生育中

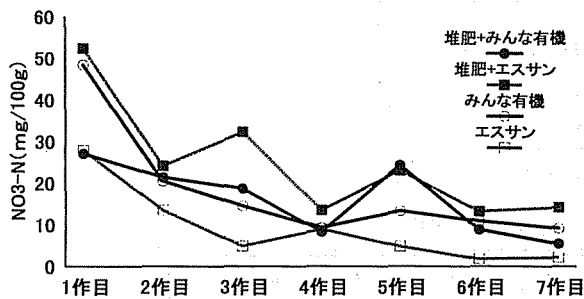


図1 跡地土壌の硝酸態窒素含量の変化

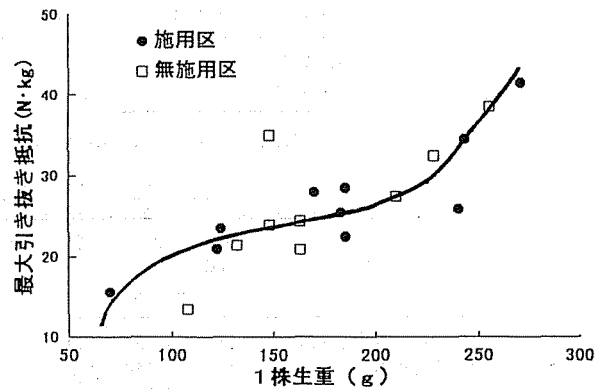


図3 堆肥施用の有無と引き抜き抵抗の関係

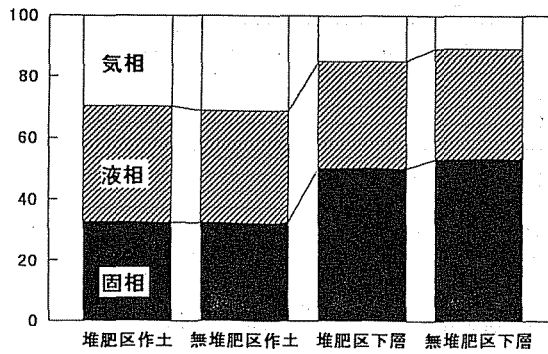


図2 堆肥施用の有無と三相分布の関係

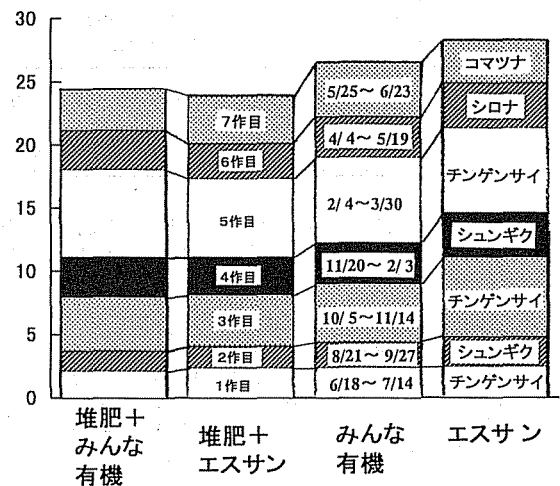


図4 堆肥施用の有無、肥料の種類と軟弱野菜の収量

庸な所を選び、幅0.6m(2条)×長さ1~1.5mの範囲で収穫し、2連制で行った。作物体吸収量は、収穫した中から平均的な5株を供試し、常法に従い成分含量を測り算出した。土壌の化学性は、硝酸態窒素、水溶性リン酸、硫酸根、塩素含量については、生土抽出(生土壌20gに水100mlを加え30分間振とう)後、イオンクロマトグラフで測定し、乾土換算を行った。その他の項目は常法に従った。土壌の物理性は、三相分布と作物体の引き抜き抵抗を測定した。引き抜き抵抗は、収穫期に株の直上に三脚を設置し、一定の速度で1株を引き抜けるように自作した装置を用いて、歪みセンサーにて引き抜き抵抗値を測定した。土壌の生物性は、Jenkinson and Oadesの方法¹⁾に従いATP含量を求め評価した。

結 果

連用試験開始前の土壌は、表2に示したとおり全窒素; 0.48~0.52%, 腐植含量; 8.3~9.6%, 可給態リン酸; 451~477mg/100gと高い値を示し、交換性塩基類も同様の傾向であった。硝酸態窒素含量も、27~52mg/100g残存していた。試験区の1作後の土壌と7作後の土壌を比較すると、堆肥施用の有無、肥料の異なる肥培管理を行ったにもかかわらず、土壌の化学性は、腐植の減少が0.3%程で、pHが高くなり、EC、硝酸態窒素含量が下がったが、その他の養分は試験区間で明らかな差異がなかった。また、毎作収穫時に採取した、跡地土壌の硝酸態窒素含量の変化を図1に示した。減肥料栽培を行った2作目以降、硝酸態窒素は徐々に低下した。

土壌の物理性では、7作後の作土と下層土の三相分布を比較したが、図2に示したように作土では堆肥の有無による差異は明らかでなかったが、下層土ではわずかにではあるが無堆肥区の固相、液相率が高い傾向にあった。また、引き抜き抵抗を調べた結果、図3に示したように、堆肥の有無による抵抗値の差異は明らかでなく、1株重量の方が影響が大きいと考えられた。

土壌の生物性の指標の一つであるATP含量を7作後の跡地土壌で調査した結果、表2のとおり堆肥施用によりやや高い値を示した。

年間7作の軟弱野菜の総収量は、図4に示したとおり、堆肥を施用しなかった区が、施用した区に比べ、やや増収傾向にあった。また、慣行栽培に準じた堆肥+みんな有機区と比べると、堆肥を施用しないみんな有機区が9%、エスサン区が15%程増収した。

7作の施肥窒素総量(堆肥由来は含まず)は、48.8kg/10aであったが、窒素の吸収量は、図5に示したとおり、60.4~65.1kg/10a程度で、試験区間に大きな差異は

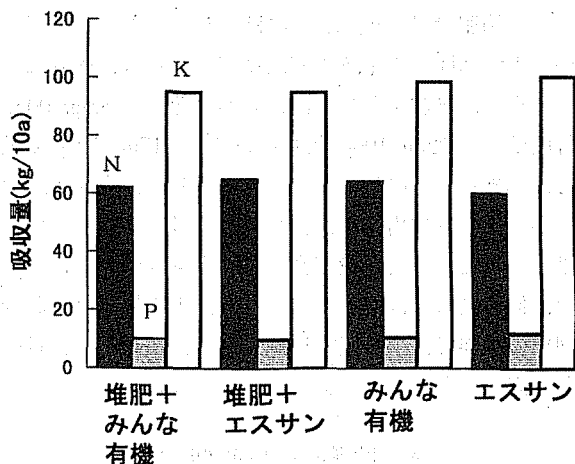


図5 軟弱野菜の周年吸収量

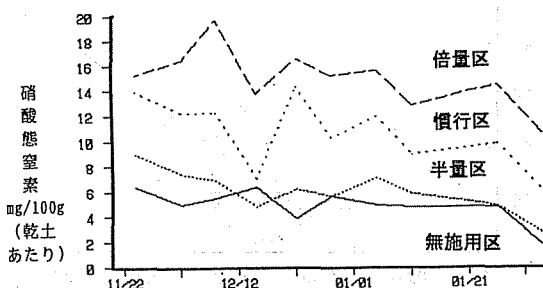


図6 硝酸態窒素含量の経時変化(4作目:シュンギク)

表4. 適肥適量試験の収量結果

試験区	窒素施用量 Kg/10a	収量 Kg/a	同左比 %	株数 個/a	平均株重 g/個	根重 Kg/a
無施用区	0	427	120	9760	43.8	65.4
半量区	4	461	129	9440	48.8	56.9
慣行区	8	356	100	8960	39.7	46.8
倍量区	16	341	96	9760	34.9	62.9

なく、リン酸やカリの養分吸収量にも明らかな差異はなかった。施肥適量試験は、4作目（シュンギク）で行ったが、生育期間中の土壌の硝酸態窒素含量は、図6に示したように、無施用と半量区は、およそ5～8mg/100g、慣行区は9～12mg/100g、倍量区は14～17mg/100gで推移した。また、その時の収量を比較すると、表4のとおり、半量区や無施用区が、慣行区や倍量区よりも上回る結果となった。また、栽植密度は、慣行区がやや低いものの、他の区はほぼ同じであったが、平均株重は、収量と同様の傾向で、半量区や無施用区が、慣行区や倍量区よりも高かった。

表5. 土壌抽出液(1:5)のECと陰イオンの単相関係数

NO ₃ -N	P ₂ O ₅	SO ₄	CL
0.511**	0.164	0.866**	0.772**

**は1%有意

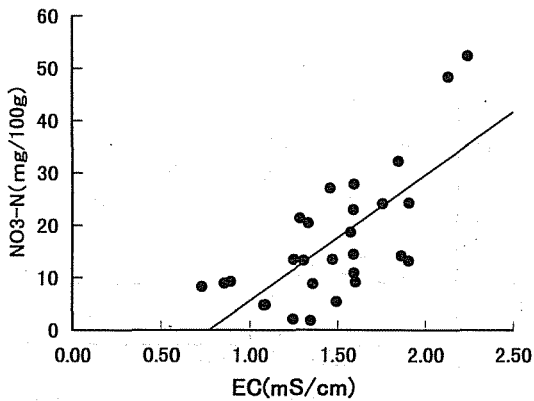


図7 ECと硝酸態窒素の関係

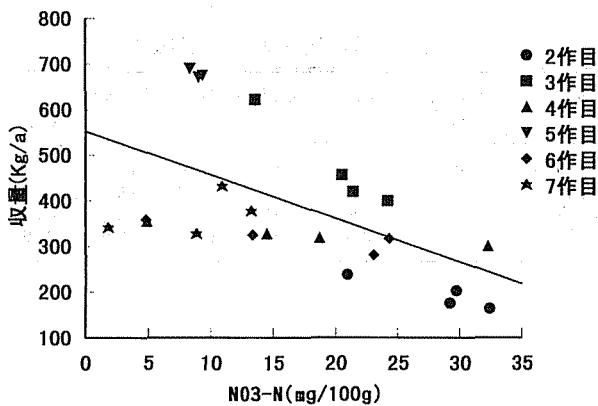


図8 残存硝酸態窒素含量と収量の関係

ECによる簡易施肥診断は、今回分析に供した土壌では、ECと陰イオンの相関を表5に示したとおり、硝酸態窒素よりも硫酸根や塩素が高い値を示した。また、ECと硝酸態窒素の相関関係を図7に示したが、相関係数は $r = 0.511^{**}$ と低く、起点がゼロから大きくずれていた。

表6. 残存硝酸態窒素含量と収量の関係

2~7作	2作目	3作目	4作目	5作目	6作目	7作目
-0.547**	-0.921*	-0.985*	-0.974*	-0.989*	-0.854	-0.525

**は1%有意、*は5%有意

考 察

試験区の1作後の土壌と7作後の土壌を比較すると、全窒素含量は、腐植と同様、堆肥を施用しないと大きく減ると当初は予想していたが、堆肥施用区で0.01～0.02%増え、無施用区で0.03～0.04%減じた程度であった。

有効態リン酸含量は、リン酸の施用量が最も多い堆肥+みんな有機区(51.2kg/10a・年)、最も少ないエスサン区(6.4kg/10a・年)の両者とも変化がなかった。同じく、交換性カリ含量も、カリの供給量が最も多い堆肥+みんな有機区(63.8kg/10a・年)、最も少ないエスサン区(6.4kg/10a・年)とも変化がなかった。

これは、試験開始前の全窒素含量等が非常に高い水準であったこと、また、有機質資材を連用するとその集積は年次ごとに少なくなりやがて平衡状態になる志賀らの報告²⁾もあり、今回供したほ場の土壌も養分の集積が平衡状態となり、供給量が大きく異なっても含量には影響を与えなかったものと考えられた。

さらに、交換性塩基の総量の変化が少ないにもかかわらず、pHは、7作後で0.6～1.7程高くなった。これは当初27.1～52.4mg/100g残存していた硝酸態窒素含量が、7作後には2.2～14.2mg/100gとなり、同様に、553～940mg/100g残存していた硫酸根が、309～360mg/100gと著しく減じたためと考えられた。

土壌の生物性の指標の一つであるATP含量は、試験開始7作後の跡地土壌のみの調査ではあるが、堆肥無施用(13.1～14.7nmol/g)に比べ、堆肥施用(16.3～16.6nmol/g)によりやや高い値を示し、微生物バイオマスとしての堆肥の効果は認められた。しかし、このほ場でのATP含量は、他の野菜栽培ほ場のATP含量に比べ充分高いため、堆肥施用の微生物的な効果は、それほど

大きなものとは考えられなかった。

1年間7作の総収量は、慣行栽培に準じた堆肥+みんな有機区と比べると、堆肥を施用しないみんな有機区が9%、エスサン区が15%程増収した。このため、収量に最も影響のある窒素との関係を見ると、図1に示したように、収量の最も高かったエスサン区は、調査期間をとおして、他区に比べ、硝酸態窒素含量が低く推移し、次に収量の良かったみんな有機区が、エスサン区に準じて低い傾向にあった。次に、施肥適量試験を行った結果、慣行区や倍量区に比べ収量の良かった無施用と半量区は、何れも生育期間中の土壌の硝酸態窒素含量が、図6に示したように、およそ5~8mg/100gで推移した。このことから、養分集積土壌では、土壌から供給される窒素などの養分が多いため、前作由来の跡地土壌の硝酸態窒素含量が高いと、一種の濃度障害的な現象を生じ、発芽や初期生育に影響を与えるため、結果的に収量が低下するものと考えられた。

そこで、連用試験における跡地土壌の硝酸態窒素含量、つまり、次の作にとっては前作の残存硝酸態窒素量と収量の関係を図8に、相関係数を表6に示した。2~7作全ての硝酸態窒素量と収量の相関は低かったが、作ごとに、硝酸態窒素量と収量の相関関係を調べた結果、5作目まで高い負の相関を示し、前作の残存硝酸態窒素が、後作の収量に影響することが明らかになった。なお、6~7作目になると相関関係は次第に低下しているが、減肥料栽培を行ったため、残存硝酸態窒素量が各試験区とも10mg/100g程の低い水準になったためと考えられた。

以上のことから、今回供試したような養分集積土壌では、前作からの残存も含め土壌中の硝酸態窒素含量を5~10mg/100g程度に管理することが、軟弱野菜栽培に最適な施肥管理条件であると考えられた。

さらに、施設栽培の連作では、肥料成分が土壌中に残存しやすく、施肥量を適宜調整する必要があるため、現

場でできる簡易な施肥診断技術として、土壌のEC(1:5)を測り、これを硝酸態窒素に換算して施肥量を求める方法³⁾が、従来より広く普及している。今回供試した土壌では、図7に示したように、ECと硝酸態窒素の相関はあるものの、従来の報告よりも相関は低く、起点がゼロに近くなると考えられていた関係式も、ゼロから大きくなりすぎている。このため、ECが1.00mS/cmであっても硝酸態窒素含量は5mg/100g前後と低く推定され、兵庫県で以前(1983年)示した「土壌のECと施肥減量の目安」(EC;0.3~0.5の時基肥量2/3, EC;0.5~1.0の時基肥量2/3~1/3, EC;1.0~1.5の時基肥量1/3, EC;1.5~の時基肥量無施用)とは、整合性を持たなかった。さらに、他の施設栽培の土壌でも同様な傾向がみられるため、従前と現況の土壌環境は大きく異なっていると推察できた。

このような養分集積土壌で、硝酸態窒素含量が少なくてもECが高い値を示すことは、高レベルに集積した硫酸根や塩素等に影響を受けると考えられた。また、同じ窒素レベルの施肥を行っても肥料の種類が異なるとECへの影響が異なる⁴⁾ことはよく知られているが、現在よく使用される有機質肥料、有機質資材の種類別に、ECに与える影響の程度を検討する必要があると考えられた。

引用文献

- (1) JENKINSON, D.S. and OADES, J.M. (1979) : A method for measuring adenosine triphosphate in soil : Soil Biol. Biochem. 11, 193-199
- (2) 志賀一 (1984) : 水田の有機物施用基準について : 土肥誌, 374-380
- (3) 猿屋喜代, 谷口尚 (1990) : ハウス土壌の電気伝導度(EC)と硝酸態窒素 : 高知県農林技研, 25~30
- (4) 藤沼善亮 (1980) : 窒素肥料の種類と土壌溶液のEC : 土肥誌, 285-295