

野菜類における無施肥無農薬栽培の 得失について

水谷 信雄*

On the Relative Merits in Vegetable Crop Production Practices with and without Fertilizers and Chemicals

Nobuo MIZUTANI*

Synopsis

Concerning several pulse crops and root crops, their growth and yield were compared with crop plants grown on fertilized and non-manured farm, and the qualities of the crops, nutritive and physiological properties were determined by way of partial analysis of living plants. The results of the investigation are given hereunder.

1. It is discovered that generally speaking, the growth of pulse crops and root crops grown on the non-manured farm was somewhat delayed, and the vegetative growth period was shortened, and there was a tendency that they got in reproductive stage earlier. Moreover, the yields of their crops were less by 30% as compared with those of the fertilized farm.
2. In reference to the quality of the harvested plants of the root crops, extremely superior crops were obtained in the non-manured farm, although their yields were rather small, and the sizes of crops were widely dispersed. It became evident, moreover, that the crops of the non-manured farm contained a smaller quantity of rough protein in general. On the contrary, there was a tendency that the contents of sugar were higher.

Ⅰ 緒 言

我国における昭和30年以降の飛躍的な経済成長は、いみじくも大規模な自然破壊と汚染の高度成長の時代ともなったが、いわゆる公害として社会問題化した大気汚染や水質汚濁は第一次産業である農・園芸業の分野にも多大の影響を及ぼした。本来、生物を対象とする農業は、汚染や汚濁を受けることはあっても、環境悪化の原因をなすようなことは比較的少なかったが、他産業の発展が農業の姿そのものをも変え、従来、被害者の立場にあった農業が、逆に農薬・化学肥料など生産資材の多用による土壌汚染や水質汚濁など、公害の加害者として近年問題視されている¹⁾。

このようななかで、それぞれの生産形態は様々で

あるが、農薬や化学肥料を使用しない、いわゆる自然農法と称される栽培法が一部の栽培者によってとり行なわれ、さらに、地域によっては、その収穫物を特定の販売機構を通じて消費者へも流通されている²⁾。これらは、もちろん農薬や化学肥料などを一切使用しないため、概して外観的な品質や収量などは多肥・多農薬施用を旨とする現代農法のそれとは比ぶべくもない。しかし一部には、大きさ、形など外観的に良質のものや、香り、甘味、酸度、苦味など化学成分の多少に起因する味覚面で、優れたものをもつように思われるものが観察されている。

本研究は、数種の野菜類を対象として、多肥・多農薬農法と、無肥・無農薬農法との得失比較を行なったもので、一部には栽培実験をもとり行ないなが

*農学科, 園芸学研究室 (Lab. of Horticulture, Dept. of Agriculture, Kinki Univ., Higashiosaka, Osaka, 577, Japan)

ら、は種時から追跡調査し、また、品質面では栄養生理学的な裏付けをも得ることを目的として生体分析などを試みたものである。

II 調査材料及び方法

本調査は昭和50年から3年間に亘って、京都市山科、和歌山市布引、姫路市飾磨の三地区において実際に〈自然農法〉—無肥料・無農薬栽培を実践し、各種の蔬菜類を収穫している農家を対象にして行なった。また、山科、飾磨両地区では、無施肥・無農薬栽培を続けている畑（以下、無施肥畑と略す）、をも使用し、実験的に数種の蔬菜の栽培を行なって、現代農法での生育量や収量、品質との比較調査を行なったが、果菜類では栄養生長期と生殖生長期の二期に分けて生育調査を、葉、根菜類では収穫時の収量調査などを行なった。また、品質面の調査は、主に化学成分含量の測定を、糖分はベルトラン法により、粗蛋白質はマイクロケルダール法によって行ない、さらに、クロロフィル含量は、有機溶媒での抽出液を比色法でそれぞれ測定し、含量を求めた。

なお、調査対象とした蔬菜の種類は果菜類ではエンドウ (*Pisum sativum*)、トマト (*Lycopersicon esculentum*)、根菜類ではダイコン (*Raphanus sativus*)、カブ (*Brassica campestris*)、葉菜類ではキャベツ (*Brassica oleracea*)、ハクサイ (*Brassica pekinensis*) などであるが、本報では、エンドウ及びダイコンの2種類をとりあげた。

III 調査結果及び考察

(1) エンドウについて エンドウの栽培は、姫路市飾磨区中島（傾斜地）において、無施肥栽培（無施肥区）を実施して4年目の圃場と、同地区（平地）において、従来より慣行栽培（施肥区）を続けている圃場とに、1976年11月1日には種を行なったが、種子は4年間自家採取（京都山科産）をくり返している種子（A）と自家採取1年の種子（B）の2種類を供試し、畦幅90cmに株間40cmで、45個体を調査材料として用いた。

④ 生育及び開花 草高の測定は、は種後約2ヶ月を経過した66日目より行ない、その結果をFig. 1に示したが、いずれの区も2月下旬まではその生長は緩慢で僅かな伸びでしかなかったが、施肥区では無施肥区の約2～4倍の草高を示していた。また、いずれの区も3月初旬の気温の上昇と共に急激に伸長を始め、3月中旬では無施肥区の約15cmに対して、

施肥区では29cmと2倍の草高となっていた。

なお、無施肥区では4月上旬でほぼその生育も止まり、草高の生長期間は約40日間であったが、施肥区では4月下旬においても生育を続け、その時点では無施肥区との伸長差は約50cmもの開きとなっていた。また、施肥区、無施肥区ともに（B）種子の個体よりも（A）種子の個体で僅かながら生育が優るといふ傾向が認められた。

次に、開花では無施肥区で施肥区より12日早い4月15日から始まったが、その結果をTable 1及びFig. 2に示した。

無施肥区では、は種後165日目の4月15日から開花が始まり、5月2日の開花終りまでに17日間で、全個体の開花数は合せて463花が数えられ、1日の平均開花数は27.2花であったが、施肥区では、最初の開花日が無施肥区より12日遅れた4月27日から始まり、22日間で総開花数は905花、1日の平均開花数は41.1花であった。このように、無施肥区の開花数は施肥区の僅かに51%に当り、その結莢数も施肥区の795莢に対して、無施肥区では308莢と少なく、結莢歩合は施肥区の87.8%に対して、無施肥区では66.5%であった。

以上の如く、エンドウの無施肥栽培では、栄養生長期前半までは施肥栽培のものときほど生育差がみられなかったが、生育後期からはその差が著しく開き、さらに生育が早期に停止して、施肥栽培のものよりも早く生殖生長に入るといふ傾向が認められたが、これはエンドウのような豆科作物の場合、一般に窒素の一部は根粒細菌の固定作用によって供給されるため、施肥量は比較的少なくてすむが、無施肥栽培においては、窒素の供給量のうち、根粒菌による割合が高いが、総量では施肥栽培のそれに及ばないことは容易に考えられる。そのため生育量の少ない生育の前半では比較的順調に生育が続くが、後半では低下して早期に生長が衰え、生殖生長に入っていくものと思われる。また、無施肥栽培では開花数、結莢数ともに少なく、落花割合が高かったが、これはエンドウの分枝数の増加や種実の生産に重要な要素であるリン酸、加里肥料の無施用からくる欠乏に起因されるように思われた。

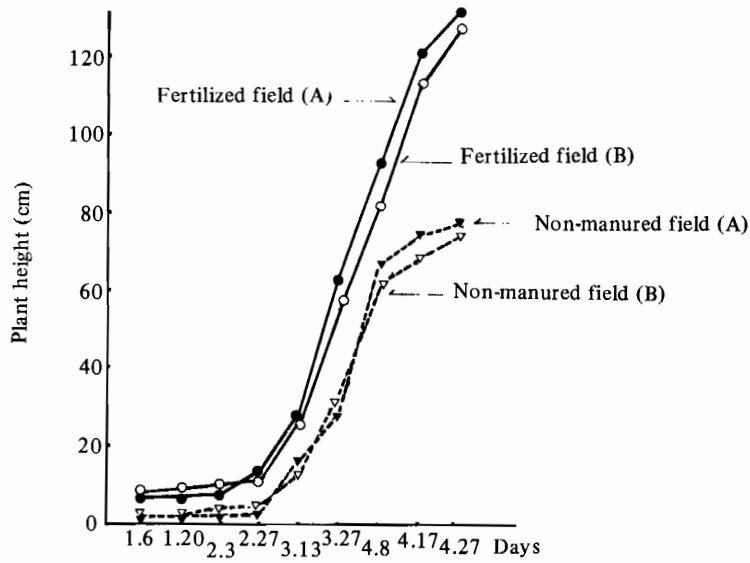


Fig. 1 Increases of plant heights of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Table 1 Number of flowers and pods of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Lot		Periods	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Non-manured field	Nos. of flowers		35	20	27	—	—	53	30	—	65	39	35	29	30
	Nos. of Pods		31	16	17	—	—	29	19	—	50	25	28	19	22
	Pod set percentage		88.1	80.0	63.0	—	—	54.7	63.3	—	76.9	64.1	80.0	65.5	73.3
Fertilized field	Nos. of flowers		15	13	10	15	17	28	11	40	28	20	36	36	42
	Nos. of Pods		15	9	8	14	15	24	11	35	28	20	36	24	40
	Pod set percentage		100.0	69.2	80.0	93.3	88.2	85.7	100.0	87.5	100.0	100.0	100.0	66.7	95.2

(in the 25th period)

Lot		Periods	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Total
Non-manured field	Nos. of flowers		17	28	20	21	14								463
	Nos. of Pods		11	14	13	9	5								308
	Pod set percentage		64.7	50.0	65.0	42.9	35.7								66.5%
Fertilized field	Nos. of flowers		41	46	73	78	79	67	98	15	—	47	22	28	905
	Nos. of Pods		38	45	64	62	73	56	88	13	—	39	18	20	795
	Pod set percentage		92.7	97.8	87.7	79.3	93.7	83.6	89.8	86.7	—	83.0	81.8	71.4	87.8%

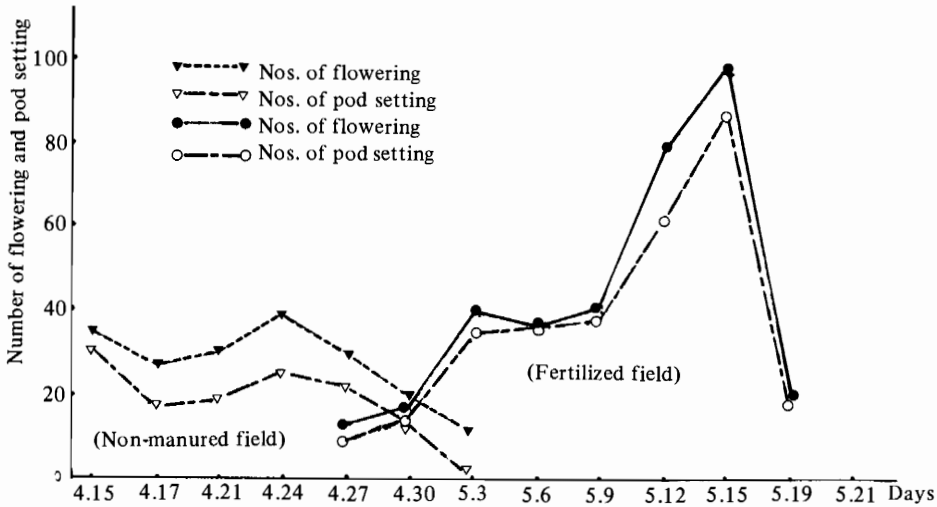


Fig. 2 Number of flowers and pods of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields. (from Apr 15 to May 19.)

㊤ 収量及び品質 エンドウ種実の収穫は、すべて開花後20日目で行ない、その莢の大きさによってL (7.0g以上), M (4.0~6.9g), S (4.0g未満)の3階級に分け、それらの莢数、莢重、粒数、粒重などを調べ粒重歩合をも求めた。それらの結果はTable 2に示したが、莢の大きさでは施肥区で全莢数795のうち、L級が277莢で34.8%を占め、M級が357莢の44.9%、S級が161莢の20.3%で、M級の占める割合が最も高く、次いでL級、S級の順位であった。一方、無施肥区では、308莢のうちS級が最も多く41.2%を占め、次いでM級の40.9%、L級の17.9%であったが、全莢数では施肥区の38.7%、重量でも29.4%しかなく、数、量とも施肥区よりはるかに劣ることが認められた。しかし、1莢当りの果粒数及び粒重をみると施肥区では5.9粒、2.6gであったのに対して、無施肥区では5.9粒、2.0gとほとんど差は

なかったが、果粒をとり出した莢のみの重量では、1莢の平均値が無施肥区の4.8gに対して施肥区では6.3gと76%も多い値となっていた。

以上の如く、全莢数についてみると、施肥区では無施肥区の2.6倍もの収量であったが、莢内の果粒のみについてみると粒数、粒重で施肥区と無施肥区の間にはほとんど差がみられなかった。しかし、このように無施肥栽培でも施肥栽培と同程度の果粒数増加や、果粒肥大が行なわれたことについては、これに係わる養分供給が何によってなされたかの疑問を本調査では解明することができなかった。

Table 2 Fruit yield of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Lot	Non-manured field				Fertilized field			
	Nos. of pods	Pod fresh weight (g)	Nos. of seeds	Seed fresh weight (g)	Nos. of pods	Pod fresh weight (g)	Nos. of seeds	Seed fresh weight (g)
L	55	504.9	459	220.2	277	2557.3	1972	1033.1
M	126	687.8	846	289.8	357	1984.6	2090	881.1
S	127	283.2	520	98.6	161	454.9	620	178.3
Total	308	1475.9	1825	608.6	795	4996.8	4682	2092.5

次に、これら収穫したエンドウ種実の品質をみるために下記のような実験を行なった。すなわち、エンドウでは種実の熟度が品質に大きな影響を与えるが、ここでは莢を除いた後、塩水選を行なって熟度を選別した。区分は Fancy (比重 $1 < d < 1.04$), Standard (比重 $1.04 < d < 1.07$), Second (比重 $1.07 < d < 1.10$), Unripe (比重 $d < 1.07$) の 3 等級とし、それらの結果を Fig. 3 に示した。その結果、Fancy (極上粒) の占める割合は施肥区では全果粒中の 48.3% であったのに対して、無施肥区では 66.1% と、17.8% も多く、逆に Second (並質粒) は無施肥区で全体の 0.1% であったが、施肥区では 1.4% の値となっていた。

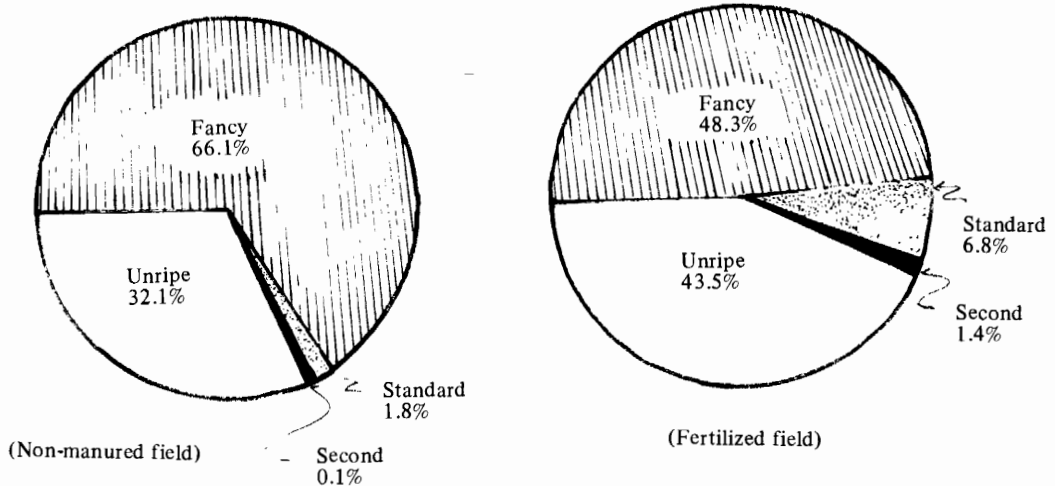


Fig. 3 Judgment of the quality of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields.

一般にエンドウ種実、熟度進行の状態が果粒の比重の変化に端的に現れ、熟度が進むほど、でん粉が増加し比重が大きくなり、また、糖分が減少して品質が悪くなるが、本調査では、そのような傾向が施肥区で無施肥区を上廻って認められた。

また、採取したエンドウ種実のクロロフィル含有量を求めたが、その結果、施肥区ではクロロフィル含量は 13.1mg% であったが、無施肥区では 10.2mg% で施肥区より値は低かった。しかし、一般に成熟したエンドウでのクロロフィル含量は品種によっても異なるが、色調の濃い品種では 16mg% 前後、色調の淡い品種でも 8mg% 前後であるところから、とくに無施肥区の種実でクロロフィル含量が低いという傾

向は認められなかった。また、一般に緑色野菜では植物体中におけるビタミン C の分布状態は、クロロフィルを含有する組織中に多く分布し、概してクロロフィル、カロチン、ビタミン C などの含有量の間には正比例的關係があり、クロロフィル含量が多いものほどビタミン C 濃度が高いとされている⁹⁾。しかし、本実験ではビタミン C の定量を行なうことができなかったが、施肥区と無施肥区との間のクロロフィル含有量の差は 2.9mg% 程度であったため、この両者間でのビタミン C 含量の差は、さほど大きなものではないものと思われた。

これらの他、種実については、全糖量と可溶性窒素及び不溶性窒素の定量を行なったが Table 3 に示

Table 3 Fruit quality of pea plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Lot	Chlorophyll content in fruits	Total sugar	by alcohol remaining stock	Unsolubility nitrogen (a)	Solubility nitrogen (b)	(a)/(b)
Non-manured field	mg % 10.2	% 3.43	% 20.40	0.639	0.236	2.71
Fertilized field	13.1	2.74	21.07	0.588	0.194	3.03

した如く、全糖では施肥区の2.74%に対して、無施肥区では3.43%と施肥区より0.7%高く、窒素含量も無施肥区で高い傾向がみられた。

エンドウ種実の品質判定については ANON¹⁵⁾らは還元糖、しよ糖、でん粉、可溶性及び不溶性窒素などの含有量から判定を行なっているが、一般に品質判定は、種実比重のほか、全糖、でん粉、不溶性窒素、可溶性窒素及びクロロフィル含量などの分析結果より総合的に判定することが必要だとされている⁸⁾。すなわち、エンドウ種実の備うべき化学的性質は、でん粉対糖分比1.0、不溶性窒素/可溶性窒素3.0以内などが必要な条件とされているが、本実験では供試したエンドウ種実のうち、無施肥区でクロロフィル含量がやや低かったが、全糖量で施肥区を上廻り、また、アルコール不溶性残渣も低かったことなどから、品質的には施肥区に劣るものではなく、むしろ施肥区より優るものであるように思われた。

(2) **ダイコンについて** 本実験に用いたダイコンの供試種子は、1976年9月18日に、姫路市飾磨区の3年間無施肥栽培を行なっている圃場(傾斜地)

と施肥栽培圃場(平地)とには種し、株間30cmで約2ケ月間栽培ののち、11月19日に施肥区、無施肥区共に50株を収穫し、収量、品質などを測定した。収量については Table 4 に示した通りであるが、全収量は施肥区で38.50kgであったが、無施肥区では12.51kgと施肥区の32.5%しかあがらなかった。また、これら収穫物の形量を両区についてみたが、施肥区では700g以上のL級が36%を占め、400~699gのM級が44%、400g以下のS級が20%を占めていた。しかし無施肥区ではL級のもの含まれず、M級が24%で、全体の76%がS級で占められていた。このように無施肥区では全体的に生育が悪く、1個体当りの生体重でも施肥区で平均770gであったのに対して、その30%程度の250gにしか達しなかった。また、地上部の生育状態をみると、施肥区で葉数が25.8枚であったのに対して、無施肥区では12.3枚と半分の葉数しか着生しておらず、T/R率は施肥区の0.97に対して無施肥区では0.29と非常に小さく、無施肥区では葉の生長量の割には根の肥大量の大きいことが明らかとなった。(Plate-1)

Table 4 Measurements of leaves and roots of radish plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Lot	Nos. of leaves	Weight per plant			T/R ratio	Size of plants			Total yield
		Total fresh weight	Leaf fresh weight	Root fresh weight		L	M	S	
Non-manured field	12.3	(g) 250.2	(g) 55.8	(g) 194.4	0.29	(%) 0	(%) 24	(%) 76	(kg) 12.51
Fertilized field	25.8	770.0	378.5	391.5	0.97	36	44	20	38.50

ダイコンは根菜類のなかでもとくに主根を土中深く伸ばし発育肥大するものであるから、土壌条件がその肥大に大きく影響することはいうまでもないことである。また、根の肥大は地上部の発育とも関連があり、莖葉の生長に影響の大きい窒素を最も鋭敏に感ずるものであり、窒素濃度をある程度まで高めれば根の肥大もよくなるとされている⁷⁾、一般に大根需要部100kgを生産するのに必要な三要素の量は窒素300g、磷酸45g、加里450gであるとされている⁹⁾。しかし、数年間無施肥栽培を続けている圃場での収量が、施肥圃場の32%もあったことは、過去の施肥効果が残留していたか、あるいは夏から秋にかけての栽培であったため、多くの灌水を行なったが、この灌水中に含まれていたと思われる僅かな肥効が、無施肥圃場でのダイコンの生育にとり込まれたとし

か考えられず、これらについては現在行なっている土壌分析などの結果を期待するところである。

なお、無施肥圃場で生育したダイコンは、概して葉の形態に特異性があり、非常に裂片となり葉縁に欠刻の多い、いわゆるアザミ葉のものが多く観察され(Plate-2)、また、根部では辛味の強いものが多かったが、葉の生育においても、またダイコンの辛味成分(サバリン)の生成においても土壌中の窒素成分の多少が影響するところから、いずれも、これらの現象は窒素不足のための発現と思われた。

さらに、収穫したダイコンの葉部についてはクロロフィル含量を、また根部については、全糖及び蛋白質の含量を測定しTable 5 に示したが、葉におけるクロロフィル含量は施肥区で高く、無施肥区の含量よりも72%も多い値を示していた。また、全糖量

は施肥区で3.6%であったが、無施肥区では4.2%と僅かに高い傾向を示したが、蛋白質では逆に施肥区で高い値となっていた。

Table 5 Root quality of radish plants grown on the non-manured and fertilized fields.

Lot	Chlorophyll content in leaves	Total sugar content			Protein content		
		L	M	S	L	M	S
Non-manured field	mg%	%	%	%	%	%	%
	5.9	—	4.5	3.9	—	0.49	0.57
Fertilized field	8.2	3.5	3.8	3.5	1.09	1.12	1.33

以上の如く、ダイコンでは葉部の葉色は無施肥区に比べ施肥区で濃色となり、葉数も多かったが、無施肥区では地上部の生育の割には地下部の肥大がよく、また、成分的には糖含量も高く、辛味も強かったところから、味覚の上からは、や・優れたものをもつように思われ、さらに加熱した場合、速やかに柔軟なものになることも一つの特長であるように思われた。

Ⅳ 要 約

数種の果菜類および根菜類について、施肥圃場と無施肥圃場との生育、収量などを比較し、品質については一部生体分析により、栄養生理学的な裏付けを行なった。その結果、

(1) 共通して無施肥圃場では生育が遅延し、栄養生長期が短縮され、早く生殖生長期に入る傾向があり、また、収量も概して低く、おおむね施肥栽培の30%以下であった。

(2) 品質では、根菜類において、無施肥栽培で少量ながら極めて優れたものを産したが、収穫物のばらつきが大きかった。なお、無施肥栽培の収穫物は共通的に粗蛋白含量が少なく、逆に全糖含量が多い傾向が認められた。

(3) 無施肥栽培でのダイコンの形態は、地下部に比べ地上部で小さく、葉色も淡かったが、根部における糖含量及び辛味成分の含量は高い傾向にあった。

引用文献

(1) 小林達治：農業と経済(8), 42~48, 富民協会,

(1976)

- (2) 日本農新編：日本農業新聞, 2~3, 全国新聞情報農協連(1977)
- (3) J. I. RODALE：有機農法, 6~11, 協同組合経営研究所(1974)
- (4) 福岡正信：自然農法, 57~60, 柏樹社(1975)
- (5) 河野照義：蔬菜栽培全編, 411~417, 養賢堂(1969)
- (6) 熊沢三郎：蔬菜園芸各論, 319~320, 養賢堂(1970)
- (7) 秋谷良三：蔬菜園芸ハンドブック, 486~499, 養賢堂(1970)
- (8) 作物分析法委員会編：栽培植物分析測定法, 473~477, 養賢堂(1975)
- (9) 管原友太：農園芸作物のビタミンCに関する研究, 2~20, 養賢堂(1957)
- (10) 神立 誠：最新食品分析法, 66~84, 102~108, 同文書院(1974)
- (11) 平井篤造：大気汚染による植物葉の葉緑素含量の変化, 176, 近公研(1)(1973)
- (12) 井上吉行：日本食品事典, 286~290, 医歯薬出版(1975)
- (13) 松井正雄：農業技術大系(9)21~37, 農山漁村文化協会(1975)
- (14) 興津伸二：農業技術大系(10)25~27, 農山漁村文化協会(1974)
- (15) ANON: N. Y. Agr. Exp. Sta., 49th Annual Rept. 50, (1930)

(昭和53年10月16日受理)

Plate I



Form of root crops grown on the non-manured
and fertilized fields

- A : grown on the fertilized field
- B : grown on the non-manured field

Plate II



Leaves of radish plants grown on the non-manured field.