

日本ナシ(二十世紀)葉の保水性と果実の 品質に関する土壌肥料学的研究

Ⅲ. 火山灰土壌に対するカリ, カルシウム及び マグネシウム肥料の供給レベルが苗木の 蒸散量に及ぼす影響

長井武雄*・萩原富士男*・植原桂治*

昭和57年7月31日受付

The Relation between the Leaf Water-Retaining Ability and the Quality of Fruit in Japanese Pear Tree

Ⅲ. The Effects of Application Rate of Potash, Calcium and Magnesium Fertilizers on the Transpiration of Nursery Stock in a Pot Experiment

Takeo NAGAI*, Fujio HAGIWARA* and Keiji UEHARA*

In 1979, four levels of potash, calcium and magnesium fertilizers respectively were applied to volcanic ash soil in pots, in which nursery stocks of Japanese pear tree (*Pyrus serotina*) were grown and an examination was made to clarify the effect of these fertilizers on the transpiration of the nursery stocks.

The correlation coefficients between the transpiration rates and the temperatures were very high with the exception of the trees which received the highest level of potash or magnesium fertilizers. Generally, the transpiration rates increased as the ratios of 'K + 3Mg' to P of the leaves decreased. A correlation coefficient between the transpiration rate and the ratio of 'K + 3Mg' to P was - 0.883***

When the picked leaves were put on the desk in the experimental room for three hours, the desiccation rates increased as the ratios of 'K + Ca + 3Mg' to P of the leaves decreased.

結 言

これまでに行った研究の結果によると、摘み取ったナシ葉を室内に放置して重量減を比較したとき、葉が厚く保水力の大きい果樹は一般に篩管汁液の糖濃度が高い。そして、一果あたり葉面からの脱水量が小さい果樹では、

果実の重量×糖度が大きいことから、盛夏の葉の保水力は果実品質と密接に関連していると考えられた。⁶⁾

また、収穫期に入ってから圃場調査結果によると、果実の肥大にとって一果あたりの葉面からの脱水量には適量が存在すると推測されたが、この値は塩基の吸収、蓄積の状況如何によって異ってくるように考えられた。⁷⁾

* 鳥取大学農学部農芸化学科作物栄養学研究室

Department of Agricultural Chemistry, Faculty of Agriculture, Tottori University

そこで本研究では、ポット試験によってカリ、カルシウム、マグネシウムなどの塩基をそれぞれ4段階のレベルで与えた腐植質火山灰土壌に二十世紀の苗木を移植し、2年間栽培を継続して、この間に蒸散速度、摘み取った葉の保水性などを調査した。そして、これらの結果から、土壌の塩基処理、ひいては葉における塩基の集積状況が蒸散速度および葉の保水性に及ぼす影響について若干の検討を行った。

実 験 法

1) 処理区の内容と苗木の栽培

鳥取大学構内から採取した腐植に富む火山灰土壌を2千分の1アール・ポットにつめ、これに1979年(昭和54)3月下旬、2年生の二十世紀の苗木を移植し、引き続き2年間栽培を行った。

初年目の塩基供給量は第1表に示したように、カリ(K₂O)、カルシウム(CaO)及びマグネシウム(MgO)をそれぞれ4段階とし、硫酸カリウム、水酸化カルシウム及び水酸化マグネシウムで与えた。チッ素(N)とり

第1表 試験区の処理内容

処理区	土壌10kg当り施用量 ^a		
	K ₂ O g	CaO e	MgO e
K	1	1.0	0.3**
	2*	2.0	0.3
	3	4.0	0.3
	4	8.0	0.3
Ca	1	2.0	—
	2*	2.0	0.3
	3	2.0	0.9***
	4	2.0	1.4
Mg	1	2.0	0.3
	2*	2.0	0.3
	3	2.0	0.3
	4	2.0	0.3

* K-2, Ca-2, Mg-2区は同一処理内容。
、* CaOとMgOの0.4および1.0eはpH6.5と7.5に矯正を目標として供給。

酸(P₂O₅)施用量は各区に共通とし、Nは3gを肥料用硫酸アンモンで、またP₂O₅は8g(P₂O₅吸収係数の5%飽和相当量)を過リン酸石灰で与えた。

2年目(1980年)は3要素のみの施用に止め、4月上旬に各区共通に燐硝安加里(16-10-14)をNとして5g相当量与えた。

苗木は移植時の樹高が約30cmになるよう、先端を切りそろえて移植したが、頂芽3個を残してほかは欠き取り、主枝を3本立てとした。2年目は陽春に花芽をすべて除去するとともに出葉を開始して間もない時期に、整枝のための剪定を行った。

なお、この栽培は2連制で行った。

2) 蒸散量の測定

7月上旬から8月下旬にいたるまで、ときどき各ポットに十分量の灌水を行ったのち、土面蒸発を防ぐためにポット内の土壌表面にビニールシートを敷き、その上に3cmの厚さになるよう石英砂を置いた。日中、午前9時から午後6時まで、3時間ごとにポットの総重量を測定し、その重量減を蒸散量とした。

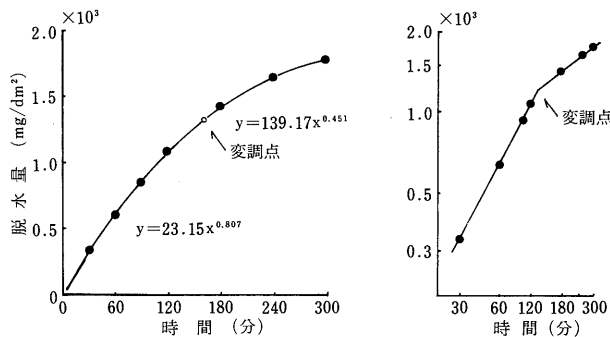
ポット当り総葉面積は生葉の長さ×巾を計測し、

$$y = 0.592x + 3.58$$

(ただし、yは葉面積、xは葉長×葉巾)の関係式⁶⁾から算出した。

3) 摘み取り後の葉の保水性

7月下旬から8月上旬にいたる期間、午前10時頃各区の主枝中位葉を3枚ずつ摘み取り、これを一組として27~28℃、相対湿度89~62%の無風室内で、葉の裏面を上向きにして机上に並べ、30~300分間の重量減を測定した。時間の経過に伴う脱水曲線の例をK-2区について第1図に挙げたが、時間と脱水量を対数座標で表わすと、時間の変化に対する脱水量の変化には変調点⁷⁾が認められ、脱水曲線は二つの部分からなることがわかる。



第1図 K-2区摘み取り葉の脱水曲線

このような結果から、各区の摘葉について摘み取り時から変調点までの脱水量、変調点における水分含量、変

調点から1時間の脱水量を算出して、各区摘葉の保水性を比較した。

実験結果

1) 葉中の要素集積量

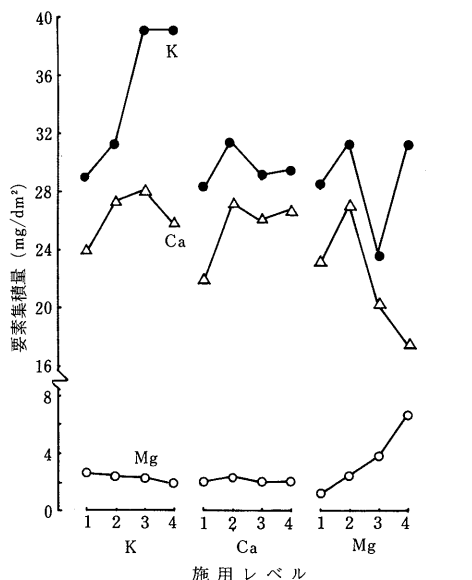
栽培初年目の8月下旬に各区から10枚の葉を採取し、カリ (K)、カルシウム (Ca) 及びマグネシウム (Mg) の集積量を求めた。

第2図に示したように、K、Mgともに施用レベルが増すと、単位葉面積当りの集積量は増大しているが、Caの場合は1ポット(土壌10kg) 当り 0.3e の施用で頭打ちとなり、それ以上の施用によっても集積量は増加していない。また、いずれの要素も多量に施用した場合にはほかの要素の集積を抑制する効果を示している。

栽培2年目においても塩基処理の残効が認められており、5月中旬以降の採取試料では施用レベルの増大につれて、それぞれの要素の葉中濃度は増加していた。

2) 日中の蒸散速度

初年目の7月中・下旬及び8月中旬に測定した日中(午前9時から午後6時まで)の平均蒸散速度 ($g \cdot dm^{-2} \cdot hr^{-1}$) を第2表及び第3図に示した。

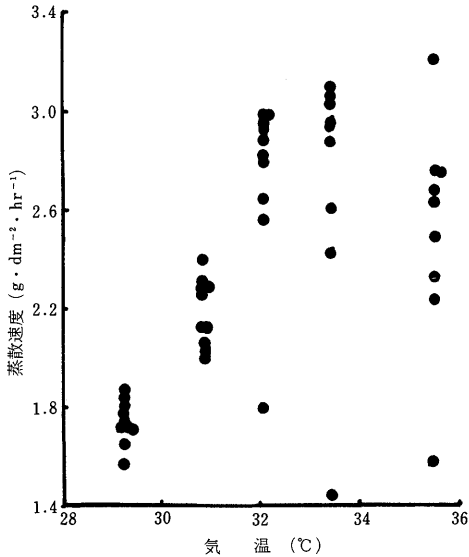


第2図 各処理区葉の塩基集積量

第2表 各処理区の蒸散速度 ($g \cdot dm^{-2} \cdot hr^{-1}$)

(1979年)

測定日	7月7日	7月8日	7月29日	7月30日	8月18日	8月19日	平均	変動係数(%)	
時間	12~18	9~18	9~18	9~18	9~18	9~18			
最高気温(°C)	29.3	30.9	32.1	33.5	35.6	31.2			
飽差(mm)	13.0	15.9	18.8	19.2	25.5	19.6			
天気概況	曇時々晴	曇後晴	曇後晴	晴	晴	晴後一時雨			
平均雲量	10.0	6.0	8.3	3.8	4.8	5.0			
K	1	1.87	2.40	2.99	3.11	2.68	2.27	2.55	16.5
	2	1.71	2.01	2.64	2.61	2.73	2.33	2.34	15.8
	3	1.77	2.29	2.88	2.97	2.76	2.35	2.45	18.0
	4	1.77	2.06	2.56	2.95	2.33	1.83	2.25	18.7
Ca	1	1.72	2.26	2.99	3.07	3.21	2.54	2.63	19.8
	2	1.71	2.01	2.64	2.61	2.73	2.33	2.34	15.8
	3	1.65	2.13	2.78	2.88	2.62	—	2.41	19.1
	4	1.69	2.28	2.81	2.42	2.74	2.19	2.36	15.7
Mg	1	1.72	2.13	2.97	3.04	2.23	1.95	2.34	21.2
	2	1.71	2.01	2.64	2.61	2.73	2.33	2.34	15.8
	3	1.84	2.30	2.94	3.08	2.48	2.07	2.45	18.1
	4	1.57	2.05	1.79	1.44	1.59	1.59	1.67	11.9



第3図 日中の最高気温と平均蒸散速度との関係

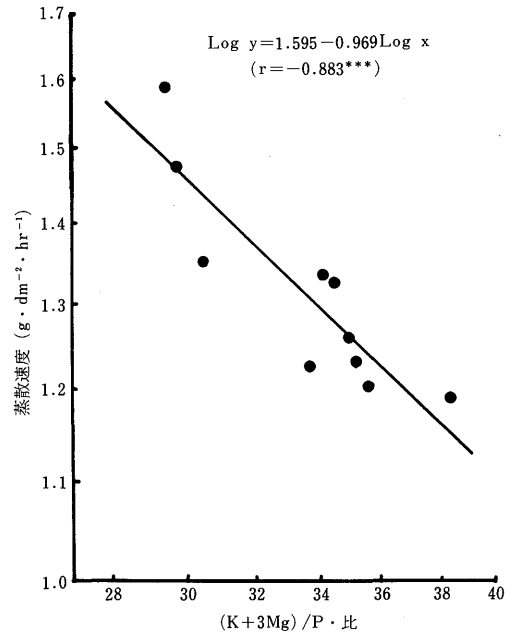
一般的にいえば、日中の最高気温が34℃ぐらいまでは、温度の上昇に伴って蒸散速度は増大しているが、より高温になると低温の場合より処理内容による差異が大きくなる傾向がある。

各区の6回にわたる測定の平均値 (\bar{x}) と変動係数 (σ/\bar{x} , %) にみられるように、それぞれの塩基の施用レベルが最も高い区は蒸散速度が低下しており、かつ気温の変化に伴う変動も小さくなっている。この傾向は特に Mg-4 区において著しい。

蒸散速度と要素集積量との関係を見るために、栽培2年目の8月27日(午後1時から4時まで)1回と8月28日(午前10時から午後1時までと午後1時から4時まで)2回の3回蒸散量を測定したのち、各区から中位葉を採取して葉分析に供した。3回測定した蒸散速度の平均値は $1.19 \sim 1.59 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1}$ であったが、これらの値と葉中の各種要素集積量 ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2}$) とを対比すると、K 又は Mg の集積量の大きい区で蒸散速度の小さい場合が多く、またこれらの塩基集積量が大きいものでも、同時に P の集積量が大きいと蒸散速度が大きくなって来るなど、結局第4図に示したように、 $(\text{K}+3\text{Mg})/\text{P}$ ・比をとって蒸散速度との関係を見ると、両者の間には高い相関が認められ、 $(\text{K}+3\text{Mg})/\text{P}$ ・比を x とすれば蒸散速度 y は

$$y = 39.32x^{-0.969}$$

で表わされる。



第4図 葉の塩基集積状況と蒸散速度との関係

3) 摘み取り葉の保水性

初年目の8月28日に摘み取った葉を午前11時45分から午後4時45分までの5時間にわたって、27℃、相対湿度62%の室内におき、その間の重量減から脱水曲線を求めると、時間の経過に伴う脱水量の増加は第1図に示したように、二つの幂関数によって表わされる。このことは、時間の経過につれて葉の水分含量が減少していくが、脱水量は葉の水分含量によって異なり、その異なり方が水分含量によって一定していることを示すものである。とりわけ、脱水経過に変調点が認められることは、結合状態の異なる水分の存在することを示唆するもので、変調点までの脱水量、変調点における水分含量及び変調点に達してから1時間経過したときの水分含量などは、各試料葉の保水性を比較する指標になると考えられる。

各区の試料について、これらの数値を第3表に示した。これによると、変調点至るまでの脱水量は K-3, Ca-1, Ca-3, Mg-1 区で多く、K-1, K-4, Ca-4, Mg-3, Mg-4 区で少ない。特に前者の場合は摘葉時に保持していた水分の60%が失われている。

各系列で施用レベルの最も大きい区が少ない脱水量を示す点は、これらの区の蒸散速度が小さい傾向にあることと一致しているが、Mg 系列では施用レベルが大きく

第3表 摘み取り葉の保水性

(1979年8月28日)

処 理 区	供 試 葉		変調点まで の脱水量 (mg/dm ²)	変調点にお ける含水量 (mg/dm ²)	変調点におけ る脱水速度 (mg/dm ² /hr)	変調点から1時 間後の含水量 (mg/dm ²)	
	葉面積 (dm ²)	含水量 (mg/dm ²)					
K	1	0.457	2,268	1,155	1,113	272	841
	2	0.472	2,276	1,350	926	244	682
	3	0.580	2,604	1,582	1,022	262	760
	4	0.503	2,390	1,258	1,132	302	829
Ca	1	0.449	2,225	1,582	643	67	576
	2	0.472	2,276	1,350	926	244	682
	3	0.541	2,255	1,514	741	134	607
	4	0.481	2,282	1,301	981	249	732
Mg	1	0.576	2,084	1,284	800	84	716
	2	0.472	2,276	1,350	926	244	682
	3	0.545	2,090	1,050	1,040	123	917
	4	0.534	2,353	490	1,863	135	1,728

なるほど、変調点に達したときの水分含量が大きい点は注目に値する。特に Mg-3 区と Mg-4 区は変調点から1時間経っても他の区より保水量が大きく、Mg-4 区では Mg-1 区の2.4倍の値を示している。

栽培2年目の7月28日に摘葉し、27.8℃、相対湿度89

%の室内に3時間おき、この間の脱水量を測定したのち、葉分析に供した。

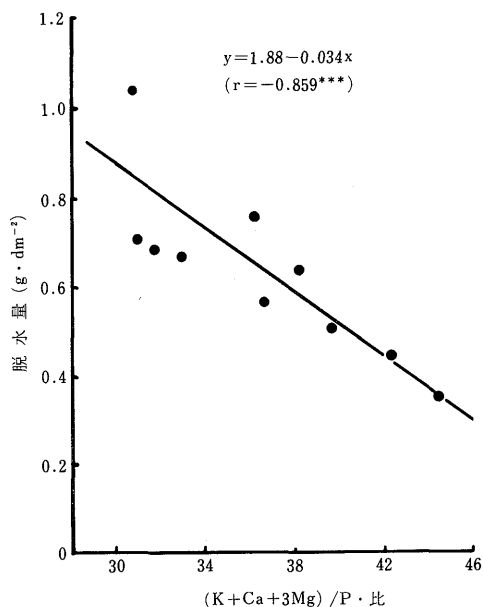
脱水量と無機要素の集積状況との関係を見ると、第5図のように、(K+Ca+3Mg)/P・比との間に高い負の相関 ($r=-0.859^{***}$) を示している。また、(K+Ca)/P・比、(K+3Mg)/P・比及び (Ca+3Mg)/P・比との相関係数を算出すると、それぞれ-0.721、-0.696及び-0.778となり、3種塩基のうち Ca 又は Mg を除外すると値が低くなることから、蒸散速度の場合と異って、保水性に対しては Mg とともに Ca のはたす役割もウエイトが高いと考えられる。

考 察

適湿条件にある多くの植物で、日射、気温、飽差などの気象要因と蒸散速度との間には高い相関のあることが知られている。^{3,4,8,9,11)}

本研究で土耕栽培した二十世紀苗木についても、処理区別に平均蒸散速度と日中の最高気温との間の相関係数を求めると、第4表に示すとおり、K-1、K-4、Mg-1、Mg-3 及び Mg-4 などの区を除いて高い値を示している。

K や Mg の系列では、施用レベルが低いと気温が著しく上昇した場合、かえって蒸散速度が低下すること、また施用レベルが高いと、気温が上昇しても蒸散速度はさほどには増大して来ないなどのために、相関係数は低くなっている。



第5図 摘み取り葉の塩基集積状況と脱水量との関係

第4表 気温と蒸散速度との間の相関係数

系 列	施 用 レ ベ ル			
	1	2	3	4
K	0.701	0.869**	0.798*	0.651
Ca	0.904**	0.869**	0.776	0.787*
Mg	0.498	0.869**	0.610	-0.287

第4図に示したように、葉中の $(K+3Mg)/P$ ・比と蒸散速度との間には高い相関が認められるので、気象要因が蒸散速度と関係する度合は塩基の供給条件、ひいては葉中におけるこれらの集積如何によって異なることが明らかである。第4表中 Ca 系列の相関係数がほかの系列のものに比べて供給レベルによる差が小さいのも、Ca 系列では葉中 K, Ca 及び Mg 集積量の供給レベルによる変動が小さいためであると考えられる(第2図)。

本研究では、摘み取った葉の保水性についても若干の検討を試みたが、保水性と葉の塩基集積量との関係は蒸散速度について認められた関係と基本的には一致しており、Mg 集積量の大きい葉は摘み取り後長時間室内に放置しておいても、他区より高い含水量を維持しており、保水性の高いことが明らかにされた。

鴨田ら³⁾ は作物が適湿条件にある限り、光合成速度と蒸散の間に高い正の相関が認められることを報告している。本研究で著しく低い蒸散速度を示した Mg-4 区の光合成能、あるいは乾物生産に対する水分の効率については全く不明である。しかし、筆者らが1978年(昭53)に行った優良ナシ園と普通ナシ園の比較調査結果によると、優良園は盛夏期に摘み取った葉の Mg 含有率が高く、また保水性も明らかに大きい。⁶⁾ そして、果実重(g)×糖度(%)の平均値 $(37.93 \sim 40.72 \times 10^2)$ は普通園 $(31.09 \sim 33.83 \times 10^2)$ より高い値であったことから、Mg 集積量の増大による蒸散量の減少が必ずしも光合成速度の低下に結び付いているとは考えられない。

ナシ園の調査を行った1978年はいわゆる干ばつ年で、8月中旬に至ると、一部のナシ園では日中葉のしおれる現象が認められるほどであった。林¹⁾ は葉と果実の搾汁液の浸透圧の差から果実と葉の間の水分競合について論じ、土壌水分が圃場容水量以下になると、葉面蒸散に対する水分吸収に不足を来し、葉の水分が減少し、浸透圧は漸次高くなり遂に萎凋に至るが、この水分不足の際に果実が存在するときは、圃場容水量と初期萎凋点の中ほどに於いて果実から葉への水分移行が行われるもの

と考えている。また、猪山ら²⁾ は土壌水分と作物の光合成との関係を調査し、土壌水分が低下すると外観的には萎凋が認められないのに光合成は低下し始めること、そして萎凋後再灌水しても、光合成の回復は1日ぐらいは遅れることを明らかにしている。

これらの諸結果を考慮すると、優良ナシ園では Mg 含有率の高いことが葉に耐干性を与えており、これが果実の品質向上に大きく寄与したことも考えられるので、この点については更に検討を進めたいと考えている。

作物が吸収した水分の効率については、光合成速度/蒸散・比のほかに要水量(全蒸散量/乾物重)^{5,10)} という概念で論じられている。要水量は肥培管理の如何によって変動することが知られているが、小麦の場合については、NやPの欠乏が最も要水量を大きくし、CaやMgの欠乏は比較的影響の小さいことが指摘されている。¹⁰⁾

本研究におけるナシ葉の場合をみると、 $(K+3Mg)/P$ ・比と蒸散速度との関係からうかがわれるように、それぞれ P 集積量の増加はむしろ蒸散量を増大させる方向に、また K や Mg の増加は蒸散量を減少させる方向に作用していると考えられるなど、小麦について得られる結果と多少趣を異にしている。このような点を明らかにするためにも、ナシ葉における塩基の集積状況が光合成速度/蒸散・比に及ぼす影響について、今後詳細に検討を行いたいと考えている。

要 約

1979年、腐植質火山灰土壌に K, Ca 及び Mg をそれぞれ4段階のレベルで与え、これに二十世紀ナシの苗木を移植して2年間ポット栽培を行った。この間、蒸散速度、摘み取り後の葉の保水性を調査し、これらの水分特性に対する土壌塩基処理の影響について検討を行った。

1) 一般的に、日中の最高気温が34℃ぐらまでは、気温の上昇に伴って蒸散速度は増大したが、より高温になるとかえって蒸散速度が減少するものがあるなど、低温の場合より土壌処理内容による差異が大きくなる傾向がみられた。

2) 日中の平均蒸散速度と最高気温との間の相関係数を処理区別に求めると、KとMg系列では施用レベルの最も大きい区がほかの区より小さく、それぞれ0.65及び-0.29であった。これに対し、Ca系列では0.78～0.90の範囲にあって、施用レベル間の差は少なかった。

3) 葉の $(K+3Mg)/P$ ・比と蒸散速度との間には密接な関係があり、相関係数は-0.883***であった。

4) 摘み取り後の葉の時間の経過に伴う脱水量の増加

は K, Ca, Mg 系列ともに施用レベルが多い区で小さく、これらの区は摘み取り後においても高い保水性を示した。

5) 葉の脱水量と $(K+Ca+3Mg)/P$ 比との間の相関係数は -0.859^{***} であった。

文 献

- 1) 林 真二：園学雑，24 94～102 (1955)
- 2) 猪山純一郎・村田吉男：日作紀，29 305～352 (1961)
- 3) 鴨田福也・伴 義之・志村 清：野菜試験場報告，A1 109～139 (1974)
- 4) 加藤一郎・内藤文男・谷口利策・鴨田福也：東海近畿農業試験場報告，No. 13 54～68 (1965)
- 5) 加藤一郎・谷口利策・内藤文男・鴨田福也：そ菜に関する土壤肥料研究集録．全購連，東京 (1966) pp. 123～127
- 6) 長井武雄・萩原富士男・梅津洋星：鳥大農研報，34 8～15 (1982)
- 7) 長井武雄・萩原富士男・梅津洋星：鳥大農研報，34 16～22 (1982)
- 8) 直井利雄：蚕糸試験場報告，24 247～285 (1970)
- 9) 農林省農林水産技術会議：畑地かんがい．農林技術出版社，東京 (1972)・pp. 22～37
- 10) 玉井虎太郎：水分生理編 (作物生理講座，第3巻)．朝倉書店，東京 (1961) pp. 38～53
- 11) 時木 巽：農及園，53 1141～1146 (1978)