

水耕シュンギクの周年施設栽培のための作型予測

片桐孝志¹・軽部 潔¹・菅原慶子¹・福田直也²

¹ 筑波大学農林技術センター, 305-8577 茨城県つくば市天王台1-1-1

² 筑波大学農林学系, 305-8572 茨城県つくば市天王台1-1-1

はじめに

現在, わが国では, 多くの種類の野菜が周年にわたって生産, 供給できるようになっている。この背景としては, 品種改良, 栽培技術の進歩や, わが国の南北に長い地理的条件と高度差からくる気候条件の活用により多種多様な作型が生まれた事ならびに交通網の整備や予冷蔵技術の発達などがあげられる^{6,7)}。また, 家庭内需要や外食産業を中心とした業務需要において周年消費が進み, 野菜生産の周年化が求められている⁴⁾。特に葉菜類は, 健康志向から, ビタミンやミネラルの供給源として, 周年にわたる安定した供給が望まれるようになってきている²⁾。このようなことから, 葉菜類の水耕の現場でも, 周年で作付けを行う栽培体系をとっている。

温室等, 保護下において栽培されている野菜でも, 播種から収穫までの期間は, 日射量や気温などの気象条件によって変化する。各作型の間を一定期間あけて播種を行った場合, 生育期間の季節的な変動によって施設で作付けしない空白期間が長くなる事態も生じ, 施設の利用効率は低くなってしまふ。そこで, 施設で野菜の周年栽培を行う場合, 施設の利用効率を最大限に高めるため, 年間を通して播種から収穫までの日数の変動を予測して, 播種日を決定する必要がある。

シュンギク (*Chrysanthemum coronarium* LINN.) は, キク科の一年草で, 地中海沿岸地方の原産とされている。独特の風味や香気が好まれ, おひたしや鍋物料理を中心に利用され, 冬季の需要が多い。一方, 鉄分やビタミンAなども豊富で栄養価も高く, 健康野菜としての評価も高く, 夏季の需要もあることから周年生産されている^{1,5)}。ここでは, 定期的にシュンギクを水耕で周年栽培し, その際の気象条件と播種から収穫までの日数との関係を統計的に解析した結果をもとに, 施設の利用効率が最大となるような, 年間作付け体系の設計を行った。

材料および方法

供試品種は, 'きわめ中葉' (タキイ種苗株式会社) である。農林技術センターのガラス温室で育苗し, ファイロンハウスで定植後管理を行った。水で湿らせたウレタンマット (H: 29mm × W: 290mm × L: 590mm, 300個のウレタンブロックを含む) 上に, 播種器で種子30mlを散播し, 発芽後そのまま育苗した。本葉が2~3枚展葉した時に, 薄膜水耕 (NFT) 装置の栽培ベッドの定植パネルに定植 (62ブロック/m²) した。培養液には大塚ハウス水耕用

肥料 A 処方を使用し、育苗期の濃度は EC1 2dS/m、定植後は 2.0dS/m とした。1995 年 6 月 27 日から 1996 年 1 月 9 日の期間と、1996 年 5 月 14 日から 1996 年 12 月 10 日までの間栽培した。試験期間中の播種の間隔は基本的に 2 週間とし、育苗が終了した苗から 4 つの NFT 水耕装置の栽培ベッドにローテーションを組んで定植し、周年で栽培を行った。収穫は、草丈が約 30cm になった時点で行った。冬季には、ガラス温室は温湯暖房し、ファイロンハウス内は温風暖房するとともに培養液を加温した。

記録は、播種、定植、収穫開始および収穫終了の各日付けと週 1 回温室内の最高・最低気温ならびに培養液温度を記録し、収穫量を測定した。日射量は、筑波大学農林技術センター筑波苗畑の気象記録から使用した。記録項目から、1995、1996 年の過去 2 年間のそれぞれの育苗日数（播種日から定植日前日までの日数）、定植後日数（定植日から収穫開始日までの日数）、平均気温（平均温室内気温）、平均液温（平均培養液温度）、育苗平均日射量および定植後平均日射量を求め、統計分析プログラム Stat View ver4.0 を用いて回帰分析を行った。また、1997 年の 1 月から 5 月まで作付けを行い、前年までに得られたデータにより予測した収穫までの日数の精度について比較検討した。

結果および考察

播種から収穫終了までの期間は、育苗日数と定植後日数および収穫期間に分けられるが、収穫期間はいずれの作付けでも 1 週間以内であるため、播種から収穫開始までの日数によって作付け計画を立てることができる。本研究は、可能な限り簡易な方法で播種から収穫までの日数を予測することを目的としているため、入手が容易な環境要因として、育苗日数に対しては平均気温と平均日射量を、また、定植後日数に対しては平均気温、平均日射量ならびに平均液温を用いた。

育苗日数を従属変数とし、育苗時の平均気温を独立変数とした場合、相関係数は 0.556 であったが、p 値は 0.0011 と、1% 以下の確率で有意となった。一方、育苗期間中の平均日射量を独立変数としたところ、相関係数は 0.180 と低く、また p 値も 0.317 となり結果的に有意な関係にないことが示された。また、育苗日数を従属変数とし、平均気温と平均日射量を独立変数としたところ、決定係数は 0.626 と比較的高い値を示したが統計的に有意ではなかった。これらの結果を受けて、育苗日数 (Y_1) については、比較的高い相関係数が高く、かつ関係が有意であった平均気温 (X_1) のみを環境要因とした回帰式 (式 - 1) を予測のための式とした (表 1)。

$$(式 - 1) Y_1 = -0.276X_1 + 22.991$$

表 1 育苗日数の回帰分析結果

育苗日数 (Y_1) 対 育苗平均気温	
相関係数 (R)	0.556
回帰係数	
切片	22.991
育苗平均気温 (X_1)	-0.276
$Y_1 = -0.276X_1 + 22.991$	

定植後日数についても、各環境要因を独立変数として相関を求めたところ、平均気温、平均液温および平均日射量について、それぞれ相関係数は0.846、0.814、0.751と高く、また、p値も0.0001以下と有意な関係があることが示された。以上の結果をもとに、定植後日数（ Y_2 ）について、平均気温（ X_2 ）、平均液温（ X_3 ）および平均日射量（ X_4 ）を独立変数とした重回帰分析を行った。その結果、決定係数は0.888と高く、また、p値も0.0001と有意な関係となることが明らかとなった。このことから、定植後日数については、平均気温、平均液温および平均日射量を独立変数とする予測式（式 - 2）を採用することとした（表 2）。

$$(式 - 2) \quad Y_2 = -0.461X_2 - 0.784X_3 - 0.772X_4 + 71.149$$

育苗日数に関する単回帰式では、かん水した培養液の量など他の要因が入ってくるためか、相関係数が0.556と少し低くなってしまった。しかし、定植後日数については、決定係数が0.888と比較的高い値を得られたことから、予測した育苗日数（ Y_1 ）+ 予測した定植後日数（ Y_2 ）を播種から収穫開始までの日数として、これをもとに作付け計画を立てることができると考えた。

この2つの回帰式を用い、1995、1996年の月別の平均気温、平均液温および平均日射量をもとにして得られた月別の平均育苗日数と平均定植後日数を表3に示した。育苗日数は、7、8月の14日間が最も短く、また、1、2および12月の18日が最も長くなり、4日間の差があった。

表 2 定植後日数の回帰分析結果

定植後日数(Y_2) 対 3独立変数	
決定係数(R^2)	0.888
回帰係数	
切片	71.149
定植後平均気温 (X_2)	-0.461
定植後平均液温 (X_3)	-0.784
定植後平均日射量 (X_4)	-0.772
$Y_2 = -0.461X_2 - 0.784X_3 - 0.772X_4 + 71.149$	

表 3 月別の気象・液温と予測生育日数*

月	平均気温 (°C)	平均液温 (°C)	平均日射量 (MJ・m ⁻²)	育苗日数 (日)	定植後日数 (日)
1	17.8	15.5	9.12	18	44
2	19.8	18.8	11.12	18	39
3	21.3	20.8	11.65	17	36
4	23.9	19.6	14.64	16	33
5	26.5	22.7	14.17	16	30
6	29.2	24.8	12.57	15	29
7	31.3	28.5	13.44	14	24
8	31.5	29.4	15.01	14	22
9	28.9	25.4	11.72	15	29
10	21.5	20.2	9.34	17	38
11	20.4	16.6	8.05	17	43
12	19.5	15.6	8.29	18	44

*) 1995, 1996年の平均値

定植後日数は、8月の22日間が最も短くなった一方、12月の44日が最も長く、収穫までに必要な日数は2倍となった。

表4には、1997年に作付けした播種日、定植日、収穫開始日と同じ播種日から予測した定植日、収穫開始日および日数の差を示した。育苗日数は3日、そして定植後日数では、4日以内の誤差で予測ができた。また、播種日から収穫開始日までの全体の日数の差では、6日以内の誤差で予測ができた。実際と予測の日数の差については、育苗日数では、かん水した培養液の量が一定ではなかったことによるものと推察した。また、定植後日数では、1995～1996年の数値と1997年の数値との間に月により異なるものの年ごとの気象条件の違いによると思われる2日程度の差がみられた。また、実際の定植日や収穫開始日は、休日や販売日によって2日程度ずれることもあった。以上のようなことが、実際と予測の日数差にあらわれたものと推測された。翌年の1997年1月から5月に試験とは関係なく行った作付けについて、予測式より算出した播種から収穫までの日数と、実際にかかった日数について相関を調べた(図1)。その結果、

表4 1997年の実際・予測の月日と日数の差

実際の月日			予測の月日			日数の差(日)		
播種日	定植日	収穫開始日	播種日	定植日	収穫開始日	育苗日数	定植後日数	全体
1月 8日	1月27日	3月 6日	1月 8日	1月26日	3月 5日	1	0	1
1月21日	2月10日	3月17日	1月21日	2月 8日	3月18日	2	-3	-1
2月 4日	2月19日	3月26日	2月 4日	2月22日	3月29日	-3	0	-3
2月18日	3月 6日	4月 7日	2月18日	3月 8日	4月12日	-2	-3	-5
3月 4日	3月21日	4月21日	3月 4日	3月21日	4月22日	0	-1	-1
3月18日	4月 7日	5月 7日	3月18日	4月 4日	5月 6日	3	-2	1
4月 1日	4月16日	5月14日	4月 1日	4月17日	5月16日	-1	-1	-2
4月15日	5月 2日	5月28日	4月15日	5月 1日	5月30日	1	-3	-2
4月28日	5月12日	6月 6日	4月28日	5月14日	6月12日	-2	-4	-6
5月12日	5月28日	6月23日	5月12日	5月28日	6月25日	0	-2	-2

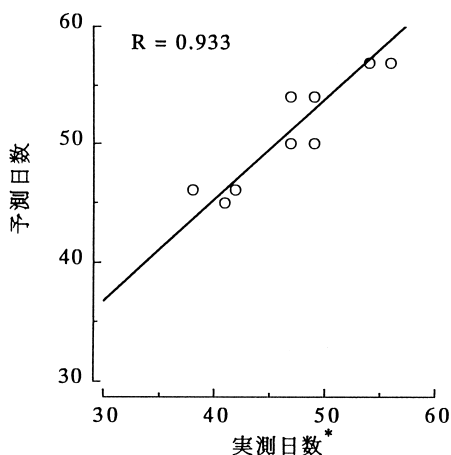


図1 水耕シュンギクの播種から収穫までの予測日数と実測日数
*) 1997年の1月から5月の作付けデータ

水耕シュンギクの周年施設栽培のための作型予測

相関係数は0.933と高く、この予測式が比較的高い精度をもっていることが示された。今後は、より正確な予測を行うために、環境要因だけでなく作業体系全体から、さらに検討する必要があった。

図2に、1995、1996年の実際の作型を示した。2週間間隔で播種した場合、1995年のベッド2では、2作目の収穫終了から3作目の定植まで1ヶ月以上もベッドの空白期間が生じ、あまり効率的にベッドの利用はされていなかった。そこで、これらの予測式をもとに、各月の育苗日数および定植後日数から、効率的なベッドの利用ができるよう4つのベッドを使い、シュンギクの周年生産の作付け計画を行った(図3)。作付け計画を作成する上での注意点としては、年間の最初の播種を1月5日とした。そして収穫終了後2日後に定植が行えるように定植

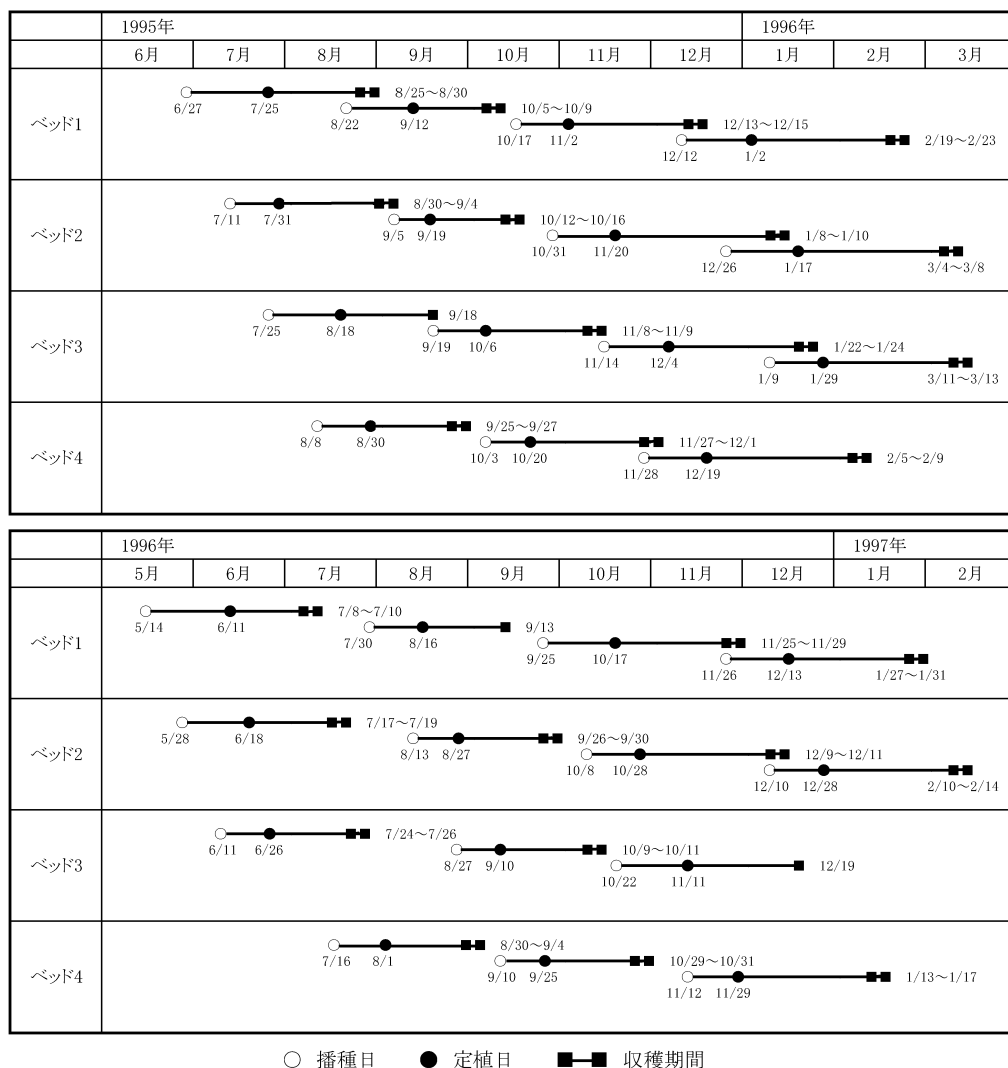


図2 1995、1996年の実際の作型
 注) 1996年6/11、7/16間の播種間隔は5週間、10/22、11/26間の播種間隔は3週間、その他は2週間。

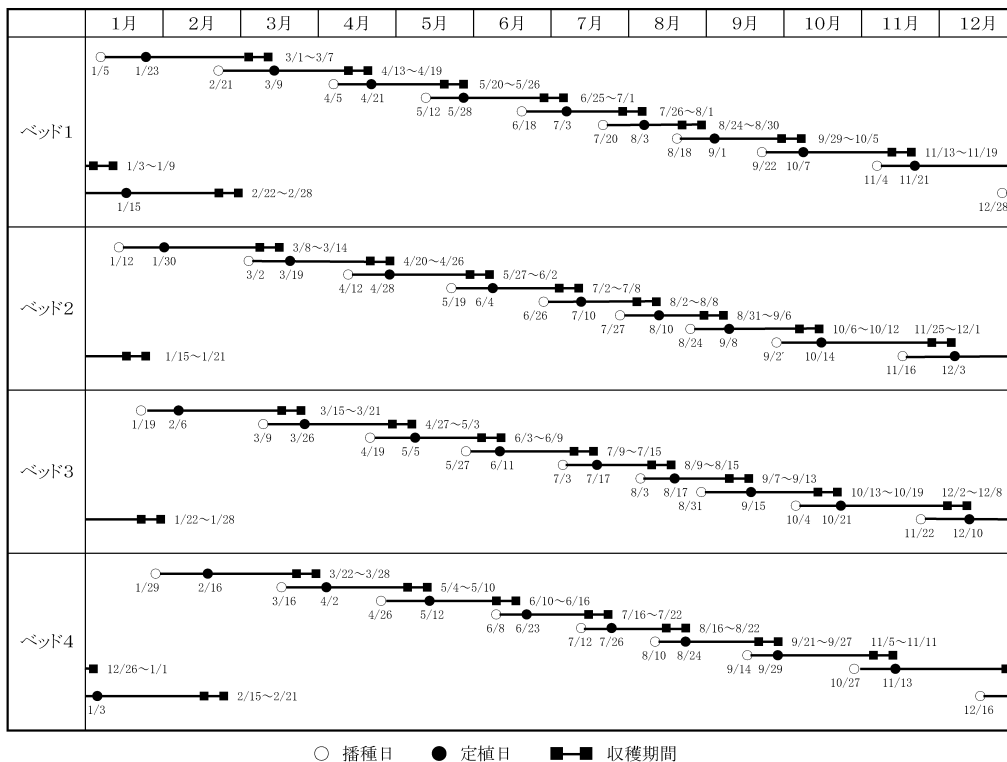


図3 シュンギクの作型予測

日を決定し、そこから播種日を予測した。さらに収穫時期が重ならないように、各ベッドの最初の作付けは、前ベッドの収穫終了日の翌日が収穫開始日になるように播種日を予測した。それでも途中収穫時期が重なる場合は、定植日をずらして収穫時期が重ならないように調整した。また、育苗日数および定植後日数が月にまたがる場合は、それぞれの日数の過半があった月の予測生育日数を使用した。

この作型では、収穫までの日数が最も短い作付けは、7月12、20、27日および8月3日播種の36日であった。また、収穫までの日数が最も長い作付けは、11月22日および12月16日播種の62日であった。そして、4ベッドを最大限利用し、1月から12月まで連続して播種した場合、全37回作付けを行うことが可能であると予測された。前作の収穫終了から次作の定植までのベッドの空き期間も2日が大部分であった。しかし、収穫時期が重ならないように調整したため、4～7日の空き期間が生じる場合もあった。ただし、単純に2週間間隔で播種を行った場合の作付けは年26作であり、本予測式に基づいた作型計画により年間作付けは、11作増加した。このように、年間の播種時期について、収穫までの日数に関する予測をもとに計画することにより、収穫時期を自由に設定でき、ベッドの空き期間も短く、かつ作付け回数も増加させることが可能となった。加えて、このような作付け計画によりベッドの利用率が高まり、より計画的ならびに効率的な生産・出荷の可能性が示された。

図4に、1995、1996年の作付けについて、播種日とその定植ブロック数および収量を示した。1995年7月25日に播種した作付けは、育苗期に蟻に食害されたために、定植ブロック数が

水耕シュンギクの周年施設栽培のための作型予測

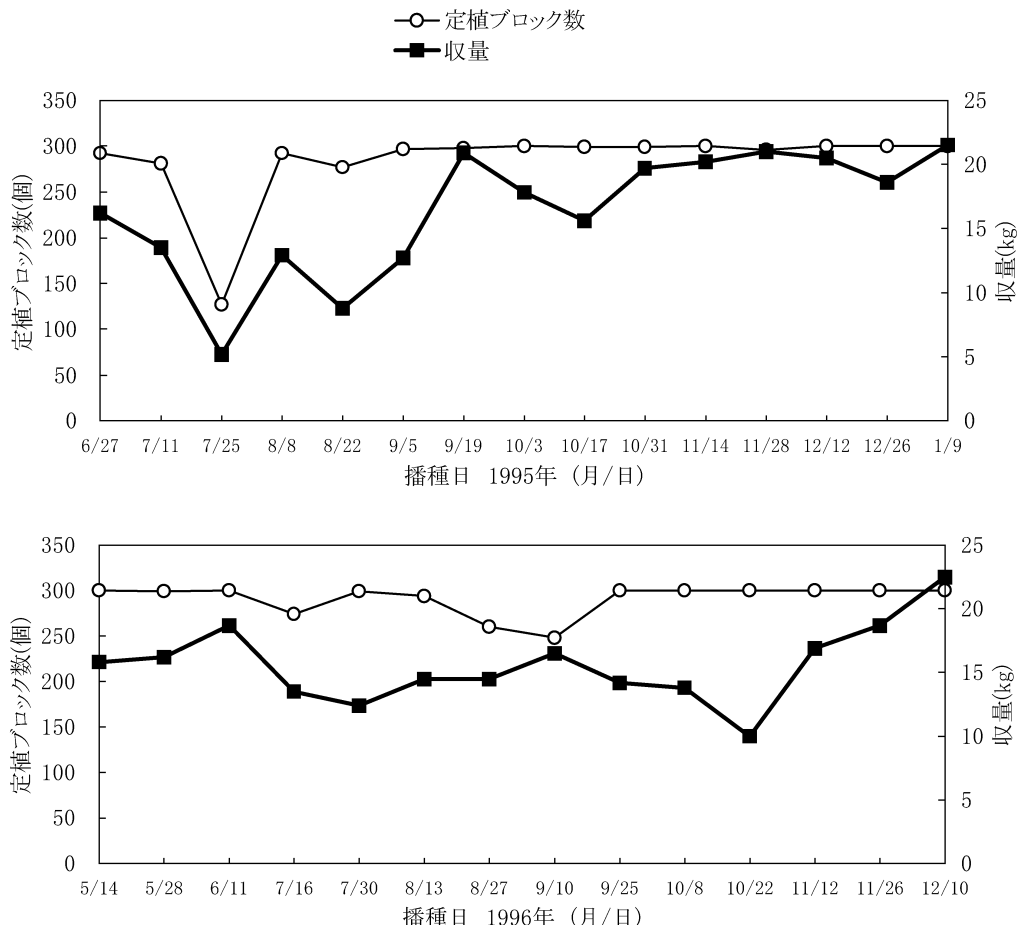


図4 播種日とその定植ブロック数および収量

127個と極端に少なかった。そのため収量も減少した。夏期に播種した作付けでは、発芽が不安定だったため、定植ブロック数が減少してしまったが、秋から春にかけては安定した。また収量は、冬季に多く、夏季に少なくなる傾向が見られた。シュンギクの発芽および生育適温は、15~20 とされ、35 以上では、発芽は、著しく抑制されるとされている³⁾。試験期間中温室内の夏期の最高気温は、40 以上にも上がり、そのため、発芽ぞろいが悪く定植ブロック数が減少したことが収量の変動に結びついた。また、夏期の作付けでは、茎葉が細く、かつ徒長気味に生育したために、収量が減少したものと推察された。

以上の結果から、育苗日数は平均気温と、また、定植後日数は、平均気温、平均液温および平均日射量と相関関係が比較的高いことが判明した。これら環境要因をパラメータとして、播種から収穫までの日数の予測を行い、各月の予測生育日数を求めることができた。そして、これらの予測結果から、高度な施設利用ができるような年間作付け計画を作成することができた。この作付け計画は、比較的高い精度を持っていることが示された。ただし、今回の作型予測は、あくまでも2年間のデータから予測したものであって、気候の変動などにより必ず予測通りになるということではない。しかし、温室内の栽培のため、気温等環境要因をある程度制

御できることから実用上は問題ないと考えられる。今後、同じシュンギクでも異なる品種や、別の作物で同様の試験を行ったり、あるいは、培養液の温度を制御する区としない区を設けるなど、他のデータを検討したり、さらに長期的にデータを集めることによって、より精度の高い実用的な予測を立てることができるようになると考えられる。

引用文献

- 1) 青葉 高．1983．日本の野菜，葉菜類，根菜類．八坂書房，東京．74-77．
- 2) 小林五郎．1987．軟弱野菜 これからの技術と経営．誠文堂新光社，東京．1-10．
- 3) 清水 茂監修．1988．野菜園芸大事典．養賢堂，東京．1309-1313．
- 4) 戸田博愛．1992．野菜の経済学．農林統計協会，東京．71-96．
- 5) 塚本洋太郎総監修．1988．園芸植物大事典2．小学館，東京．561-562．
- 6) 野菜生産流通問題研究会編．1988．日本の野菜．地球社，東京．48-52．
- 7) 安井秀夫．1990．青果物流通入門．技報堂，東京．37-40．