

洋種カボチャの抑制栽培における は種適期および摘心節位について

北 宜 裕

Nobuhiro KITA

Effect of sowing time and pinching node on
the growth, fruit set and yield of winter squash
(*Cucurbita maxima* Duch.)

I 緒 言

カボチャ類 (*Cucurbita* spp.) の生産は、昭和60年度には、全国で作付面積17,500ha、収穫量27.3万tに及び、炭水化物およびビタミン類を豊富に含む野菜として重要な地位を占めている(2, 6, 7, 8)。特に近年は、消費形態の変化により、従来主要栽培種であった、果肉が粘質の日本カボチャ (*C. moschata* Duch.) から、果肉が粉質で甘く、用途の広い洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) へと需要が大きく変化している。それに伴い、消費量も急激な増加をみている(2)。このような状況の中で、最近では、国内産のカボチャ類が不足する年末年始から3月頃にかけて、ニュージーランドあるいはメキシコ産の洋種カボチャが、大量に輸入されるようになった(2)。従来、この時期には、西南暖地産の黒皮種を中心とした日本カボチャが出荷されていたが、先に述べたような消費動向の変化から、最近では'えびす'などの洋種カボチャへの品種転換が進んでいる。作型的には、いわゆる「冬至カボチャ」として市場出荷できる抑制栽培が最も有望であり、本県においても、都市農業の有利性を生かせる作型として普及する可能性も高い。

一方、この抑制栽培は、育苗期から生育初期が、8月から9月中旬までの、高温・長日条件に当たり、雌花分化が著しく抑制されるため(3, 5, 8, 10)、栽培が極めて難し

い。特に、洋種カボチャは、30℃を越えるような高温条件下では、雌花がほとんど分化せず、栄養生長過多となり、全く収穫果が得られないこともある(5, 8, 10)。

そこで、本報では、冬至に出荷期を合わせた洋種カボチャの抑制栽培技術を確認するため、は種期、育苗法および摘心節位が、着果・結実および収量に及ぼす影響について検討した結果について報告する。

II 材料及び方法

品種'錦芳香'を供試して、1986年に、以下の3試験を、大型ガラス温室を用いて行った。栽培方法は、いずれも、畦間130cm、株間45cmの主枝1本仕立てとし、施肥は、残存肥料成分の関係から行わなかった。定植は、苗の本葉4～5枚の時点でを行い、9月22日の開花始めから、11月1日まで、毎日、人工交配を行って着果させた。ガラス室内の気温は、サーミスタ温度計で常時測定し、最低気温が13℃を下まわった11月18日から、夜間、温湯暖房を行った。果実は、日平均気温から算出した積算温度が、1000℃を越えた時点で収穫した。試験区は、いずれも1区10株の3反復とした。

試験1. は種期の違いが、生育、着果・結実および収量に及ぼす影響

は種適期を明らかにするために、1986年8月5日から10日ごとに、4回のは種期を設定した(第1表)。摘心

節位は、ガラス室の誘引線の高さ（180cm）を考慮して、30節を標準としたが、早まき区では、雌花分化が著しく遅れたため、35～45節摘心とした。この場合、生長点が、誘引線に達した時点で、随時、つる下しを行った。

試験2. 低温・短日育苗が、着花・結実および収量に及ぼす影響

雌花分化を促進する目的で、8月15日および25日まきの苗に対し、それぞれ第2本葉の展開々始期から終了期までの9日間、夜温10℃、16時間暗期（17：00～9：00）の、低温・短日処理を行った。日中は、対照区（常温・自然日長）と同一条件で育苗した。摘心節位は、雌花の着生状況から、8月15日まきについては35節、8月25日まきについては30節とした。

試験3. 摘心節位の差が、着花・結実および収量に及ぼす影響

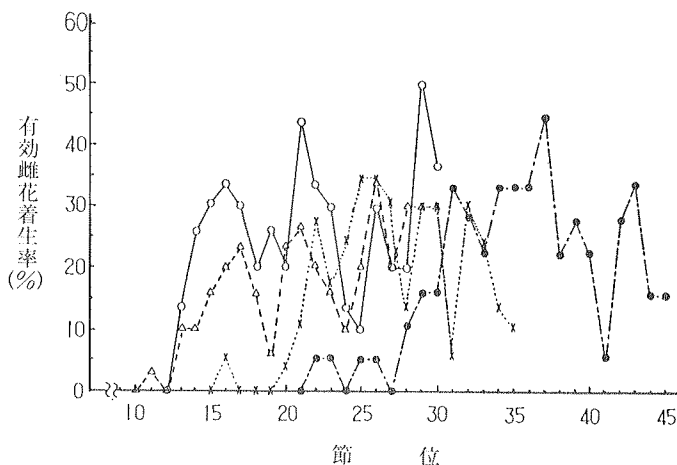
最も着果が安定し、高収量が得られる摘心節位を明らかにするため、8月25日まきについて、摘心節位15節区（T-15）、20節区（T-20）、25節区（T-25）、30節区（T-30）、35節区（T-35）、40節区（T-40）、および45節区（T-45）の7処理区を設定した。但し、T-15において15節までに有効雌花（開花に至る充実した雌花）が着生しない場合には、有効雌花が最初に着生した節位で摘心した。また、高摘心節位区（T-35以上）では、生長点が、誘引線に達した時点で、つる下しを行った。

III 成績

試験1. は種期の違いが、生育、着花・結実および収量に及ぼす影響

生育は、は種期によって異った様相を示し、早いは種期のものほど有効雌花の着生節位が高くなるとともに、葉面積が大きくなった。特に8月5日まきでは、第1有効雌

花の着生節位が、31.1節と著しく高くなり、また、葉面積は、1葉あたり1032.9cm²と非常に大きくなった（第1表）。有効雌花の着生パターンを節位別にみると、8月5日まきでは30節以降、8月15日まきでは20節以降、および8月25日まき、あるいは9月5日まきでは15節以降から有効雌花が着生した（第1図）。この場合、有効雌花は第1有効雌花の着生節位以降、4～5節おきに着生し、連続着生するケースはほとんど観察されなかった。一方、平均着果節位は、生理落果などにより第1有効雌花の発生節位に比べ、1～2節高くなった。また、第1果の平均着果日は、8月5日まきの9月25日が最も早く、は種期が遅くなるにしたがって遅くなった（第1表）。株あたりの総収量は、摘心節位が高くなった8月5日まきで最も多くなり、は種期が遅くなるほど低下した。一方、収穫果の平均1果重は、8月5日まきと8月15日まきでは、ともに約900gとなったが、8月25日まきでは658.5g、および9月5日まきでは602.1gと、やや小型の果実となった。上果率は、いずれのは種期でも、90%以上の高い値を示したが、開花から収穫までの積算温度については、9月5日まきでは、12月18日の試験終了時まで、1000℃に達しなかった（第1表）。



第1図 は種期の違いが、洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の有効雌花の着生率に及ぼす影響

- — — — ● : 8月5日まき
- × × : 8月15日まき
- △ — — — △ : 8月25日まき
- — — — ○ : 9月5日まき

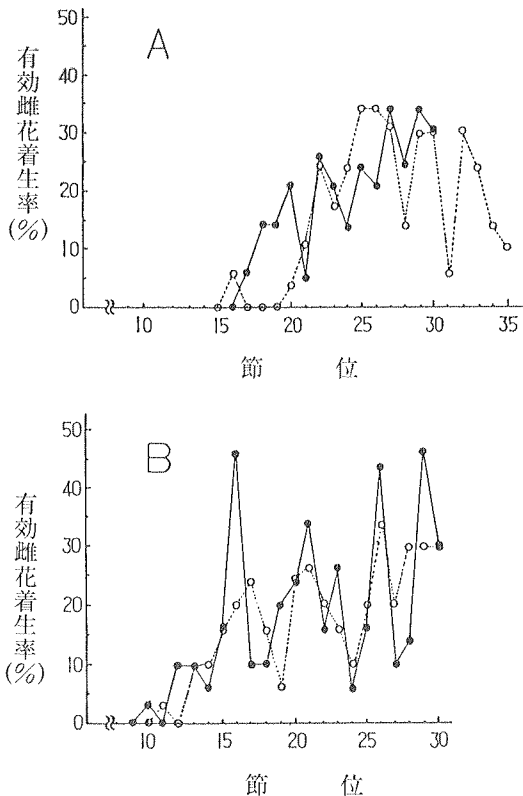
第 1 表 は種期の異なる洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の生育, 着花・結実および収量

| は種期 | 定植日 ^a | 摘心節位 | 草丈 ^b | 第1雌花着生 ^c | | 第1果の着果日 ^a | 1葉平均葉面積 (cm ²) | 株あたり収量 | | 1果重 (g) | 上果率 (重量%) | 収穫までの積算温度(°C) |
|-------|------------------|------|-----------------|---------------------|------|----------------------|----------------------------|--------|---------|---------|-----------|---------------|
| | | | | 節位 | 着果節位 | | | 個数 | 重量(g) | | | |
| 8月5日 | 8/28 | 45 | 617.7 | 31.1 | 32.6 | 9/25 | 1,032.9 | 2.06 | 1,891.1 | 918.0 | 94.2 | 1,043.5 |
| 8月15日 | 9/2 | 35 | 473.6 | 23.1 | 23.7 | 9/27 | 859.8 | 1.93 | 1,782.9 | 923.8 | 97.3 | 1,041.8 |
| 8月25日 | 9/19 | 30 | 300.4 | 16.5 | 18.6 | 10/10 | 700.4 | 1.60 | 1,053.6 | 658.5 | 92.7 | 1,018.5 |
| 9月5日 | 9/30 | 30 | 351.1 | 16.5 | 17.3 | 10/22 | 912.5 | 1.35 | 812.8 | 602.1 | 95.9 | 918.4 |

a 月/日

b 収穫終了時(12/18)測定

c 有効雌花について

第2図 は種期および育苗時の低温・短日処理* が、洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の有効雌花の着生率に及ぼす影響

A : 8月15日まき
 B : 8月25日まき
 ●——● 低温短日処理区*
 ○…………… 常温自然日長区

*低温・短日処理は10°C, 16時間暗期で, 第2本葉展開々始期から9日間行った。

試験2. 低温・短日育苗が, 着果・結実および収量に及ぼす影響

低温・短日処理区では, 処理によって苗の生育が遅れたため, 対照区に比べ, 定植が11~15日遅くなった。しかし, 定植後の生育は順調で, 収穫終了時には, 8月15日まきの対照区および低温・短日処理区で, 葉面積が大きくなったこと以外には, 差が認められなかった(第2表, 第2図)。第1有効雌花の着生節位は, 同じは種期なら低温・短日育苗区の方が, 同じ育苗条件なら遅いは種期の方が, 4~5節低くなった(第2図A)。しかし, 8月25日まきの対照区と, 低温・短日育苗区との間には, 第1有効雌花の着生節位で1~2節程度の差しか認められなかった(第2図B)。着果節位についても, 有効雌花の着生と同様の傾向が認められたが, 着果日については, 遅いは種期ほど, また低温・短日処理区ほど遅くなった(第2表)。収穫果の平均1果重は, 同じは種期なら対照区の方が, 同じ育苗条件なら早いは種期の方が重くなった。その結果, 株あたりの収量は, 8月15日まきの対照区が, 1.93果, 1782.9gと最も多くなった。一方, 開花から収穫までの積算温度は, 定植が遅くなった8月25日まきの低温・短日処理区で, 試験終了の12月18日まで, 1000°Cに達しなかった(第2表)。

試験3. 摘心節位の差が, 着花・結実および収量に及ぼす影響

摘心する節位によって, 着果率および葉の大きさと質に著しい差が生じた。すなわち, 低節位(25節以下)で摘心した場合には, 葉が極めて小さくすると同時に, 葉色が, 非常に濃くなった。一方, 1葉の平均葉面積は, 摘心節位が上がるほど増加し, T-35~T-45では, 1葉が900~1000cm²に及ぶ大きな葉となった。高摘心節位区における, 1株あたりの着生葉数は, つる下ろしにより, 下位葉が黄化・落葉したため, 最も摘心節位が高かったT-45でも, 24.3葉となった(第3表)。

第 2 表 育苗時における低温・短日処理*が、洋種カボチャ
(*C. maxima* Duch.) の着花・結実および収量に及ぼす影響

| 処 理 | は種日 ^a | 定植日 ^a | 第 1 雌花 ^b | | 第 1 果の 着果日 ^a | 1 葉平均 葉 面 積 (cm ²) | 株あたり収量 | | 1 果重 (g) | 上果率 (重量%) | 収穫までの 積算温 度 (°C) |
|------|------------------|------------------|---------------------|-------------|----------------------------|--------------------------------------|--------|--------|-------------|--------------|---------------------------|
| | | | 着 節 位 | 着 節 位 | | | 個数 | 重量(g) | | | |
| 対 照 | 8/15 | 9/ 2 | 23.1 | 23.7 | 9/27 | 859.8 | 1.93 | 1782.9 | 923.8 | 97.3 | 1041.8 |
| 低温短日 | 8/15 | 9/17 | 19.2 | 23.8 | 10/ 9 | 1217.9 | 1.83 | 1690.6 | 872.9 | 100 | 1039.4 |
| 対 照 | 8/25 | 9/19 | 16.5 | 18.6 | 10/10 | 700.4 | 1.60 | 1053.6 | 658.5 | 92.7 | 1018.5 |
| 低温短日 | 8/25 | 9/30 | 15.4 | 21.5 | 10/24 | 799.8 | 1.00 | 475.6 | 475.6 | 89.2 | 927.6 |

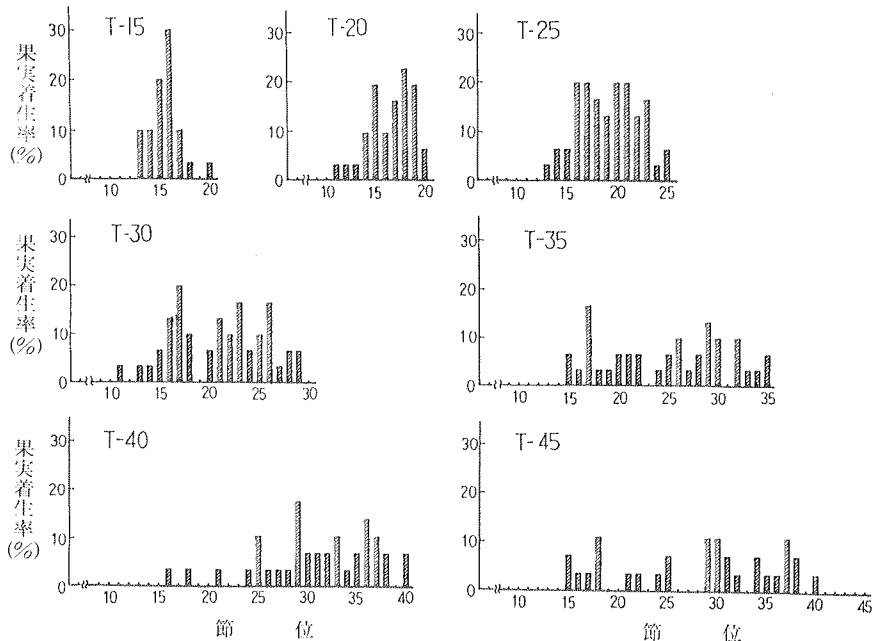
a 月/日 b 有効雌花について
* 低温・短日処理は夜間10°C, 16時間暗期
で、第 2 本葉の展開々始期から、9日間行
った。

第 1 有効雌花の着生節位は、いずれの処理区でも 15.5 ~ 16.5 節と差はなく、また、有効雌花の着生パターンにも差は認められなかった。一方、節位別の着果状況を調べたところ、摘心節位が上がるにしたがって、着果節が分散する傾向が認められた(第 3 図)。また、高摘心節位区では、1 株あたりの有効雌花の絶対数は多いものの、生理落果が多発し、必ずしも複数個着果しなかった。

そこで、1株あたりの平均着果率(総着果数 ÷ 総有効雌花数 × 100)を算出したところ、T-15の92.9%を最高に摘心節位が上がるにしたがって順次低下し、T-45では、13.6%と極めて低い値となった。一方、収穫果の平均1果重は、摘心節位、1株あたりの着果数あるいは葉面積にかかわらず、約 700 g となった。

また、1株あたりの総収穫果重に対する総葉面積比(総葉面積 ÷

総収穫果重 × 100)は、高摘心節位区ほど高い値を示したが、摘心節位が25節以下になると約 10cm²・g⁻¹ とほぼ一定値を示した(第 4 図)



第 3 図 摘心節位の違いが*、洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の果実着生率に及ぼす影響。

*処理区の略号については、本文参照のこと。

第 3 表 摘心節位の違いが、洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の生育着花結実および収量に及ぼす影響

| 処理区名 ^a | 摘心節位 | 草丈 ^b (cm) | 第1雌花発生節位 ^c | 第1果の着生節位 | 着果日 ^d | 1株あたりの着生果数 | 1株あたりの総葉面積 (cm ²) | 1葉平均葉面積 (cm ²) | 1株あたりの収量 個数 | 1株あたりの収量 重量 (g) | 上果率 (重量%) | 収穫までの積算温度 (°C) |
|-------------------|------|----------------------|-----------------------|----------|------------------|------------|-------------------------------|----------------------------|-------------|-----------------|-----------|----------------|
| T—15 | 17.9 | 119.3 | 15.5 | 15.5 | 10/6 | 12.8 | 5933.6 | 463.6 | 0.87 | 604.5 | 100 | 1091.5 |
| T—20 | 20.0 | 162.9 | 16.1 | 16.2 | 10/7 | 16.0 | 8884.9 | 555.3 | 1.13 | 884.2 | 100 | 1045.2 |
| T—25 | 25.0 | 239.7 | 16.5 | 17.7 | 10/8 | 16.6 | 13816.6 | 832.3 | 1.70 | 1276.7 | 100 | 1050.0 |
| T—30 | 30.0 | 300.4 | 16.5 | 18.6 | 10/10 | 17.6 | 12326.2 | 700.4 | 1.60 | 1053.6 | 92.7 | 1017.8 |
| T—35 | 35.0 | 397.5 | 16.0 | 23.7 | 10/16 | 17.0 | 15111.3 | 888.9 | 1.33 | 933.1 | 98.7 | 991.4 |
| T—40 | 40.0 | 497.1 | 15.7 | 29.7 | 10/21 | 19.9 | 19979.9 | 1004.0 | 1.36 | 899.1 | 100 | 923.5 |
| T—45 | 45.0 | 634.1 | 16.3 | 27.0 | 10/20 | 24.3 | 21922.3 | 902.2 | 1.15 | 857.7 | 100 | 942.3 |

a 本文参照
 b 収穫終了時の値
 c 有効雌花について
 d 月/日

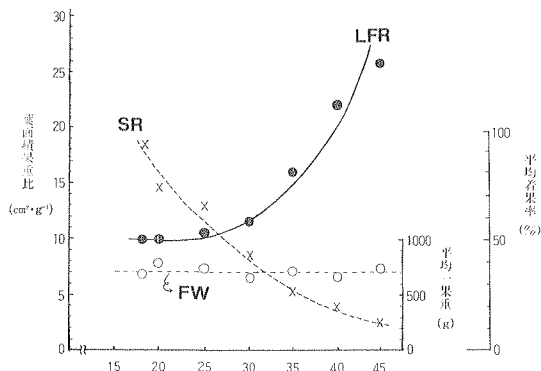
IV 考 察

冬至出荷をねらった洋種カボチャの抑制栽培では、は種期を8月上旬まで早めると、幼苗期から生育初期にかけて、高温・長日条件下におかれるため、雌花分化が著しく抑制され、栄養生長過多となることが明らかになった。一般に、カボチャ類は、低温・短日条件下で雌花分化が促進されるが(3, 5, 8, 10)、洋種カボチャについては、主に温度条件が雌花分化により強く影響する(5, 8, 10)。したがって、今回行ったような、育苗から生育初期が高温期にあたる抑制栽培では、有効雌花をいかに低節

位から着生させるかが栽培のポイントになる。そこで、まずは種期について検討したところ、15~16節の低節位から有効雌花の発生が認められ、かつ冬至までに完熟果の得られるは種適期は、8月25日前後であることが示唆された。但し、これは種適期は、品種、整枝法あるいは栽培地域によって多少異ってくるものと予想されるので、これらの点については、今後さらに検討していく必要がある。

は種期を、冬至出荷の限界まで遅らせる代りに、育苗期に、雌花分化促進のための低温・短日処理を行う方法も考えられる。倉田(4, 5)は、洋種カボチャを用い、2葉期から、9~14日間の低温・短日処理を行ったところ、雌花分化節位が、10~12節まで低下することを認めている。しかし、今回行った低温・短日処理では、雌花の着生節位は、15節前後までしか低下せず、また無処理の常温・自然日長区と比較しても1~5節の差しか認められなかった。これは、低温・短日処理期間が短かったこと、あるいは処理期間中の昼温が高すぎたことなどによるものと考えられる(4, 5, 8, 10)。いずれにしても、低温・短日処理効果は顕著でなく、実用上も、盛夏期の処理となるため難しい問題が多い。また、すでに述べたように、8月25日前後には種すれば、自然育苗によっても、冬至までに十分完熟した果実が得られることから、あえて盛夏期に、低温・短日処理を行う必要性はないと思われる。

は種適期が決まった場合、次に問題となるのは、いかに着生した雌花を確実に着果させ、収穫に結びつけるかということである。萩原(9)は、日本カボチャ'会津小



第4図 洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) における摘心節位 (PN) と平均1果重 (FW)、葉面積果重比 (LFR)^a および平均着果率 (SR)^b との関係。

a 総葉面積÷総収穫果重 (1株あたり)
 b 総着果数÷総有効雌花数×100 (1株あたり)

南瓜'を用い、第1雌花の上位6葉を残して摘心する処理を、第1雌花の交配日から5日おきに計3回行うとともに、無摘心区も設定し、着果状況を調べた。その結果、交配当日に摘心した区では、全く落果が認められないのに対し、交配5日以降に摘心した区および無摘心区では、生理落果が急増することを認めている。この結果は、今回得られた、摘心節位を高くすると着果率が低下すること(第4図)、第1果の着果節位が上昇すること(第3表)あるいは着果節位が分散すること(第3図)などの結果と一致した。

摘心節位は、着果率のみならず、生育に対しても著しい影響を及ぼした。特に、低節位で摘心した場合、葉色が極めて濃くなり、非常にコンパクトな草姿を示したのに対し、摘心節位を高めた場合には、栄養生長が進み、過繁茂状態となって生理落果が多発した。晝田ら(11)は、洋種カボチャの果実成分と葉数との関係を調べた結果、最適葉数(15枚)以上の葉数は、かえって可溶性無窒素物および炭水化物含量の減少をもたらすことを明らかにした。また、萩原(9)も、洋種カボチャ'デリジャス'を用いて行った摘葉実験から、1果あたりの必要葉数は13枚でよいとしている。今回の摘心節位に関する試験3では、摘心節位にかかわらず、平均1果重が約700gとなった。一方、株あたりの総葉面積は、摘心節位が高くなるほど大きくなったことから、1株あたりの総収穫果重に対する総葉面積比(LFR)を算出したところ、摘心節位が低くなるほどその値は低下した。しかし、摘心節位が25節以下になると、LFRはほとんど低下せず、ほぼ $10\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ となった(第4図)。このことから、1gの果実を生産するためには、少なくとも、約 10cm^2 の葉面積があればよいことが示唆された。これは、1葉の葉面積を 550cm^2 とした場合、700~800gの果実を生産するためには、14~16葉必要となることを示唆しており、晝田ら(11)および萩原(9)の試験結果とも、ほぼ一致した。一方、収量に影響するもう一つの要因として重要な、1株あたりの着果数は、25節摘心区が最も多く、30節摘心区がこれに次いだ。これらの摘心処理区では、有効雌花が摘心節位までに、少なくとも2花以上着生し、かつそれらが高頻度で着果するとともに、着果後も生理落果せずに収穫に至った。これは、摘心節位が、栄養生長と生殖生長のバランスに大きく関与していることを示唆するものであり、現象としても興味深い。したがって、今回の試験から、洋種カボチャの抑制栽培では、草勢と着果率および収量性との関係から、25~30節で摘心するのが最も合理的であり、経済性も高いものと思われた。

以上のように、育苗期が盛夏期にあたる洋種カボチャの抑制栽培は、雌花着生あるいは収量性から考えて、本県においては、8月25日前後には種し、自然条件下で育苗し、定植後は、有効雌花の着生を確認した後、できるだけ早い時期に25~30節で摘心すれば、安定した着果が得られ、収量性も高くなることが明らかになった。今回は、整枝法(1)、栽植密度(10)あるいは土壌肥料・水分(3,10)等については検討できなかった。したがって、「冬至カボチャ」としての有利性を生かすためにも、これらの問題点を早急に解決し、安定した抑制栽培技術を確立する必要があると思われる。

V 摘 要

1. 冬至出荷をねらった洋種カボチャ (*Cucurbita maxima* Duch.) の抑制栽培技術を確立するため、は種適期、低温・短日処理および摘心節位が、着花・結実および収量に及ぼす影響について検討した。

2. は種期の違いは、生育に著しい影響を与え、8月5日および15日まきでは、1葉あたりの葉面積が極端に大きくなった。また、有効雌花着生節位は、は種期が遅くなるにしたがって低下したが、8月25日および9月5日まきでは、差が認められなかった。開花から収穫までの積算温度は9月5日まき以外では、 1000°C 以上となり、十分に完熟した果実が得られた。

3. 苗に対する低温・短日処理を行ったところ、第1有効雌花の着生節位が、8月15日まきおよび25日まきで、それぞれ4~5節および1~2節低下した。開花から収穫までの積算温度は、8月25日まきの低温・短日処理区で、処理によって苗の生育が遅れたため、試験終了までに、 1000°C 達しなかった。

4. 8月25日まきについて、異なる節位での摘心処理を行ったところ、草丈、総葉面積および第1果の着果節位は、摘心節位に比例して増加あるいは上昇した。また、25節以下の摘心節位区では、1葉あたりの葉面積が小さくなったことから、コンパクトな草姿となった。一方、株あたりの平均着果率は、摘心節位が高くなるほど低下したが、収穫果重あたりの葉面積(LFR)は、逆に高摘心節位区ほど大きくなった。このLFRは、25節以下の摘心節位区では、 $10\text{cm}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ のほぼ一定値を示した。収量は、25節摘心区で最も多く、30節摘心区がこれに次いだ。

5. 以上の結果から、冬至に出荷期を合わせた洋種カボチャのは種適期は、神奈川県においては、8月25日前

後であり、自然条件下で育苗し、定植後は、25～30節で摘心すれば、安定した着果が得られ、また収量性も高くなることが示唆された。

VI 引用文献

1. 岩間誠造. 1947. 洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の整枝試験. 園学雑. 18: 81-88.
2. 北 宜裕・佐々木皓二. 1987. 野菜の冷凍(3). ウリ類: キュウリおよびカボチャの原料論. 冷凍. 62: 185-194.
3. 熊沢三郎. 1956. 総合そ菜園芸各論. p. 29-69. 養賢堂. 東京.
4. 倉田久男. 1970. カボチャの早熟栽培. 農及園. 45: 1531-1536.
5. 倉田久男. 1976. カボチャ・スイカの性の分化に

およぼす日長および温度の影響に関する研究. 香川大学農学部紀要. 29: 1-49.

6. 昭和60年度野菜生産出荷統計. 1986. 農林水産省統計情報部. 東京.
7. 東京中央卸売市場年報. 1986.
8. NITSCH, J. P. *et al.* 1952. The development of sexexpression in cucurbit a flowers. *Amer. J. Bot.* 39: 32-43.
9. 萩原 十. 1946. 南瓜の結実に関する試験. 園学雑. 17: 182-187.
10. 早瀬広司. 1981. 農業技術体系 野菜編 5. カボチャ. p. 1-28.
11. 晝田 栄・千石正乃夫. 1944. 洋種カボチャ (*C. maxima* Duch.) の果実成分に関する研究. 第2報. 園学雑. 15: 136-142.

Summary

Effect of sowing time, low temperature and short-day treatment and pinching node on the growth, fruit set and yield of winter squash (*C. maxima* Duch.) was investigated to obtain marketable fruits and maximum yield in the late December.

Plants sown August 5th or 15th showed excessive vegetative growth and did not bear available female flowers until the node of 31.1 and 23.1, respectively. Although plants sown in August 25th or September 5th borne first available female flowers at the node of 16.5, cumulative temperature required for harvest was not enough to obtain fully matured fruits in plants sown September 5th. Seedlings subjected to the low temperature (10°C in the night) and short-day treatment (day length of 8hrs) borne avail-

able female flowers only from 1 to 5 lower node than that of naturally grown seedlings. These results suggested that sowing time desirable for the production of mature fruits until middle December was August 25th. Low temperature and short-day treatments on the seedlings were also suggested to be not necessary for practical use.

When plants sown in August 25th were pinched at various node after emergence of first flower the average fruit set rate decreased whereas leaf area / total fruit weight ratio increased according to the pinching node. These results suggested that most reasonable pinching node for the maximum yield was at the node of 25~30.