ニンニクの球形成に関する研究 (第3報)

タネ球の低温処理ならびに植付け後の日長条件の影響

青葉 高・高樹 英明

(山形大学農学部)

Studies on the bulb formation in garlic plants

III. On the effects of cooling treatments of seed-bulbs and day-length during the growing period on bulbing

Takashi Aoba and Hideaki Takagi

Faculty of Agriculture, Yamagata University, Tsuruoka, Yamagata

Summary

This study was carried out to clarify the effects of cooling treatments of seed-bulbs and day-length during the growing period on the bulb formation in garlic plants.

1. The garlic plants without cooling treatments of seed-bulbs failed to form bulbs under 8 to 16-hour day-length conditions, while plants in the lot of 20 to 30-day or more cooling in the range of 5 to 15°C, developed the bulbs after planting.

2. As in Fig. 1-2, it was recognized that seed-bulbs receiving cooling treatments at temperatures of 5 to 15°C caused their physiological conditions favourable for bulb formation, and the lower the temperature and the longer the period of the treatment, the more significant was the effect, within a certain range.

3. The bulb formation was promoted by long day-length, that is, the longer the day-length becomes, the more hastened the bulbing is. When the garlic plants were grown under 20-hour or more day-length conditions, even if seed-bulbs were not exposed to the cool temperature, the plants formed the bulbs.

4. From these it was recognized that combined effects of cooling treatments for the seed-bulbs and long-day conditions for growing period on bulb formation was additive.

5. Based on the results mentioned above, we discussed the favourable methods of cooling treatments of seed-bulbs to increase the yield of bulbs in the forcing culture.

緒 言

ニンニクは加工原料として広く利用されるばかりでなく近年は青果用としての需要が増大し、生産の困難な冬期間は台湾などからの輸入品が市場に出廻っている。このためわが国の西南暖地ではタネ球の低温処理による早出し栽培が行なわれている。しかし低温処理の温度、期間など検討すべき点が多い³⁻⁷⁾。

ニンニク球の低温処理が次代の球形成におよぼす影響については実験例も多く、タネ球の低温処理により球形成が早まること、20°C以下の温度条件を経過しない場合は球を形成しないことが知られている^{1-7,9,10)}。しかし低温に対する反応は品種により相当大きく異なる。

ニンニクの球形成は長日条件で促進され⁷⁾、短日条件で抑制される¹⁾。しかし日長処理の実験例は少なく、設

定日長も十分でない。

以上の点から温度と処理期間を異にした低温処理球を植付け、種々の日長条件下で栽培した場合の球形成状況を調査し、低温、日長の球形成におよぼす影響、ならびに低温、日長両要因間の相互作用について検討を行なった。

材料および方法

第1実験 1969年7月掘上げの山形在来の平均4.9gの側球を用い、7月24日から8月23日まで30日間5°, 10°, 20°, 35°Cと5°~35°C変温(5°C 15時間, 35°C 9時間)の温度条件で貯蔵した。側球は8月23日12cm鉢に10球ずつ植付け20球を1区とし、9月17日まで20°C自然光利用の人工気象室内においた。9月17日に1/5,000a鉢に6~7株ずつ移植し、鉢は9月22日にガラス室内のビニールフィルム被ふくの保温枠内に移し、最低20°Cを保つようにし、第1表に示した日長処理を始めた。用土には砂を用い大塚ハウス肥料標準液をやく

1971年6月25日受理

本稿の要旨は昭和45、46年園芸学会春季大会において発表

10 日おきに施した。

一部の区の地上部が枯れた 12 月 12 日に全区を掘上げ、球形成状況と地上部の枯死状態を調査した。球形成の指標は MANN⁷⁾ にない茎球比（葉鞘径/球径）を算出し、茎葉の枯れ上がり状態は 4 段階に分け 3～0 の評点で平均値を求めた。

第 2 実験 第 1 実験と同様の材料を用い、8 月 4 日から 9 月 8 日まで第 2 表に示した温度処理を行ない、9 月 8 日定植し、第 1 実験に準じて 20°C 以上を保つようにし、9 月 25 日から表示の日長処理を行なった。

全区を 12 月 14 日に掘上げ第 1 実験に準じて調査した。

第 3 実験 1970 年 7 月掘上げの砂丘畑産山形在来の平均重 1.1g の珠芽を供試した。珠芽の温度処理は 8 月 30 日から 4 か月間行ない、5°, 10°, 15°, 20°C の恒温で貯蔵する区と、始め 2 か月間 20°C、後の 2 か月間を 5°, 10°C で貯蔵する区とを設けた。全区とも 12 月 28 日に 12cm 鉢に 10 球ずつ植付け、20°C 以上とした保温枠内で 8 時間日長として栽培した。そして 2 月 9 日から各区の鉢を 8, 12, 16, 20, 24 時間日長区に分け、5 月 29 日まで上記の日長条件とし、それ以降は自然日長とした。なお上記の日長は 8 時間は自然光とし、それ以上の時間は白熱灯で与えた。

2 月 27 日からやく半月ごとに各区から 3～5 個体を掘上げ、生葉数、球径、葉の貯蔵葉化の状態などを調査した。

第 4 実験 第 3 実験と同様の材料を第 2 図に示したように 8 月 30 日から低温処理し、1 月 27 日に定植し、保温枠内で 20°C 以上を保たせ、2 月 19 日から 8, 16, 24 時間日長になるよう日長処理を行なった。日長処理の方法その他第 3 実験に準じて行なった。

3 月 14 日以降第 3 実験に準じて調査を行なった。

実験結果

第 1 実験 MANN⁷⁾ は茎球比が 0.5 以下になつた時期を球形成期としている。本実験において 5°C 30 日処理区は各日長区とも貯蔵葉を形成し、茎球比はほぼ 0.2 以下であつた。10°C 30 日の場合自然日長区（常用薄明をいれて約 10.5～13 時間日長）は球を形成しなかつたが 16, 24 時間日長区は球を形成し、茎球比は 0.5 以下であつた。20°, 35°C 区は 24 時間日長では球を形成したが自然日長、16 時間日長では球を形成しなかつた。5°～35°C 変温区は 5°C の積算時数が 19 日弱に相

Table 1. The effect of pre-planting storage temperature of seed-bulbs and day-length for growing period on the bulb formation in garlic plants grown at a higher temperature than 20°C.

Storage temperature (for 30 days)	Day-length	Neck/Bulb ratio in diameter	Stage of* maturity
5°C	N. D. L. (about 10.5～ 13 hours)	0.21	1.8
	16 hours	0.18	2.2
	24	0.14	3.0
10°C	N. D. L.	0.76	0
	16	0.45	0
	24	0.16	2.2
20°C	N. D. L.	0.74	0
	16	0.68	0
	24	0.17	2.5
35°C	N. D. L.	0.76	0
	16	0.80	0
	24	0.17	1.5
5～35°C	N. D. L.	0.72	0
	16	0.71	0
	24	0.22	1.0

* Degree of maturity

0: Plants appear to be actively growing.

1: Upper 3～4 leaves green and older leaves begin to die from the stem base.

2: Upper 1～2 leaves green and most leaves begin to die.

3: The tops mostly down, or brown and dry.

Table 2. The effect of storage temperatures of seed-bulbs and day-length for growing period on bulb formation in garlic plants grown at a higher temperature than 20°C.

Pretreatment temperature		Storage of seed-bulbs		Day-length	Neck/Bulb ratio in diameter	Stage of maturity*
Temp.	No. of days	Temp.	No. of days			
—	—	5°C	35	N. D. L. 16 hours	0.22 0.19	1.3 1.8
35°C	5	5°C	30	N. D. L. 16	0.21 0.19	0.5 2.3
35°C	15	5°C	20	16	0.16	2.2
—	—	20°C	35	N. D. L. 16	0.73 0.76	0 0
35°C	5	20°C	30	N. D. L. 16	0.79 0.77	0 0

* Lettering as in table 1.

Fig. 2. Effects of cooling storage (for 1 to 5 months) of seed-bulbs and daylength for growing period on the bulb formation in garlic plants grown at a higher temperature than 20°C (Exp. 4).

Fig. 1. Effects of cooling storage (for 2 and 4 months) of seed-bulbs and daylength for growing period on the bulb formation in garlic plants grown at a higher temperature than 20°C (Exp. 3).

当したが低温の影響は全然認められず、24時間日長区の茎球比は20°、30°C区よりむしろ大きかった（第1表）。

つぎに日長の影響をみると24時間日長ではいずれの温度区も球を形成し、5°、10°C処理区では自然日長より16時間日長で球形成が促進された。しかしその他の区では16時間日長と自然日長との間に差はみられなかった。

葉の枯れ上がり程度は球形成度の指標になるが⁷⁾、本実験においても同様のことがみられた。なお本実験で形成された球はすべて中心球であった。

第2実験 5°C処理区は20、35日間区とも中心球を形成し葉が枯れ始め、茎球比は0.2前後に低下した。これに対し20°C区は球を形成せず、葉の枯れ上がりもみられなかった。

萌芽期促進のため高温前処理を行ない、その後低温処理した区も、当初から5°C処理した区と比べほとんど差異がみられなかった（第2表）。

第3実験 5°C処理区は2か月貯蔵、8時間日長区を除く他のすべての区で2月27日（最初の調査日）に貯蔵葉が認められた。10°C区もすべての日長区が球を形成し、日長が長い区ほど球形成期は早かった。15°C処理の場合も日長が長い区ほど球形成が進み、日長が12時間以下では定植後226日を経過しても球を形成しなかった。タネ球を20°Cで貯蔵した区では日長が20時間以上の場合には球を形成したが、16時間以下では球を形成しなかった。そして12、8時間日長では15°、20°C区とも球を形成せず、両温度区間に差は認められなかった。

低温処理4か月区はすべての日長区で2か月処理区より球形成が進み、特に日長が16時間以下の場合にその差が著しかった（第1図）。

前記のように日長は長いほど球形成を促進し、24、20時間日長ではタネ球が20°C以下の低温条件を経過しない場合も球を形成した。これと反対に日長が8、12時間の場合は20°C区ばかりでなく15°C4か月処理区も球を形成しなかった。

本実験においても中心球を形成した。なお生葉数は球形成に伴って減少し、総展開葉数は球形成の遅れた区ほど多かった（第3表）。

第4実験 24時間日長ではすべての温度区が球を形成した。16時間日長では20°C区と15°C1か月区を除く全区が球を形成し、8時間日長では5°、10°C区以外球を形成しなかった（第2図）。

温度の影響をみると第3実験同様5°Cではすべての区が球を形成し、20°C区は24時間日長の場合以外球を形成せず、5°～15°Cの間では一般に低温ほど球形成が進んだ。

Table 3. Relationship between the date of storage-leaves formation and total number of unfold leaves in garlic plants.

Date of observation		Total number of unfold leaves						
		～4.9	5～	6～	7～	8～	～15.9	16～
Exp. 3	Mar. 14		1*	9	6	2		
	Mar. 29				2			
	Apr. 13					2		
	Unbulbing						2	3
Exp. 4	Mar. 15	1	2	11	6	1		
	Mar. 30		1	2	4	1		
	Apr. 15				2			
	May 2					1		
	Unbulbing						3	5

* The numbers of observed plants.

本実験では低温処理期間を4～5段階としたが、一般に処理期間が長い区ほど球形成は進み、茎球比が小さくなる傾向を示した。なかでも2か月以上処理区と1か月区との差は一般に明らかで、1か月5°、10°C区は8時間日長では球形成が著しく遅れ、15°C1か月の場合は16時間日長区も球を形成しなかった。なお5か月処理と4か月処理との間の差は一般に明らかでなかった。

考 察

球形成促進要因としての低温と長日 ニンニクの球形成はタネ球の低温処理により早まり、低温効果は0°～5°Cでもつとも大きく、20°C以下の低温条件を経過しない場合は球を形成しないことが知られている^{1-7,9,10)}。本実験においても極端な長日条件の場合以外20°Cでは球を形成せず、5°～15°Cの範囲では低温ほど球形成は促進された。

低温の影響は一般に処理期間が長いほど大きく、低温効果の強い5°Cの場合は処理期間を3か月以上にしても球形成は3か月区以上には促進されず、低温効果の劣る15°Cの場合は4～5か月まで処理期間延長の影響がみられた。したがって低温による球形成促進の度合(0°～5°Cで最大、高温ほど劣る)と処理期間とはある範囲内では相乗的に働き、ある限界に達するとそれ以上は促進しないものと思われる。春化作用では低温が qualitative に働く植物と quantitative に働く植物とがあるが、ニンニクの球形成の場合、20°C以上では球を形成しない点は qualitative であり、それ以下の場合には低温は quantitative に働くものと思われる。

なお前記のように5°C20日間処理で球を形成したが、球形成のために必要な低温条件の最短期間は明らかにし得なかった。

ニンニクの球形形成は16.5時間日長では自然日長より促進され⁷⁾, 8.5時間日長では自然日長より抑制される¹⁾。本実験においても植付け後の日長は前記のように長いほど球形形成を促し、とくに20時間以上の長日条件では20°C以下の低温条件を経過しない場合も球を形成した。したがって20°C以下の低温条件経過はニンニクの球形形成に絶対必要な条件ではない。ただし20時間以上の日長は実際栽培上はほとんど考えられず、ニンニクにとつて異常な日長とも考えられる。

そしてタネ球が十分に低温条件を経過すると日長の影響はあまりあらわれず、日長が非常に長い場合は低温処理の効果は少なくなるが、ある範囲内では低温と長日は球形形成促進に対して相加的に働くことが知られた。

ただしイチゴなど秋に花芽を分化する植物の花成が短日と低温で誘起される場合のような、低温と短日とが同時に相加的に働くのとは異なる。ニンニクの場合、低温は球を形成し得る生理条件を誘起するもので、球の発育はおおむね10°C以上で起こり20°C前後の温暖条件で促進される^{1, 8)}。したがって球形形成に関し季節的温度周期性をもつものと思われる。そして5°~35°C変温では球を形成しなかつたように、35°Cの高温は低温の効果を消去するものと思われる。

一方長日条件は球の発育を促進する⁷⁾。ただし極端な長日条件では球形形成誘起の働きももつものと思われる。

実際栽培上の問題点 早出し栽培で生じやすい異常球に1ツ玉(中心球)と不結球葉状化がある^{4, 5, 9, 10)}。中心球は1鱗茎の重さは側球より一般に大きく利用上特別な支障はないが、従前からの慣習上異常球とされ、商品性が低く、また側球を形成した普通株に比べ1株球重は劣る。

中心球は元来花芽が分化せず頂芽の葉が貯蔵葉化したもので、タネ球が小さい場合や春植えの際に生じやすい^{1, 2, 10)}。そしてニンニクの花芽分化には遺伝的特性が関与するほか、ある程度の基本栄養生長とある程度の低温条件経過とを必要とすると考えられている¹⁾。本実験ではタネ球を低温処理して冬~春に植付け、第3, 4実験では1.1gの珠芽をタネ球にした。したがって花芽分化に必要な栄養生長を経過する以前に葉の貯蔵葉化が起こり、その結果中心球を形成したものと推定される。

前記のようにニンニクの球形形成におよぼす低温の影響はquantitativeなもので、不十分な低温処理では球形形成は促進されず、処理が過度な場合は中心球を形成しやすい。したがって早出しのための適当な低温処理の方法は品種、栽培地、作型などにより同一ではない。たとえば佐賀県では従来壺岐早生を用い、7月20日から60日

間0°~5°Cにおいた冷蔵球を9月20日ごろ定植し、1~2月に収穫している^{4, 6)}。しかし近年は8月上中旬から10°C 40~50日間処理を適当としている⁵⁾。MANNは形成される球の品質の点から10°Cを適温とし⁷⁾、沖縄では10°C 30~50日間処理で2~3月に収穫している³⁾。

球の発育は前記のように長日・温暖条件で早まり、この点から早出し栽培には暖地が適する。そして冬季に球を形成させる早出し栽培では当時の短日条件の影響を受ける。前記のように12時間以下の日長では球形形成はむしろ抑制され、山形県において4月上旬から8.5時間日長下においた場合、花芽分化した個体の側芽は球を形成せず葉身が発育した¹⁾。花成の場合は春化後の短日条件で脱春化する例があり、ニンニクの球形形成においても同様の事実があるように思われる。

暖地の早出し栽培で生ずる葉状化も同様な脱球形形成現象で、低温処理によつて誘起された球形形成条件が12~1月の短日条件により消去され、その結果葉身が発育したものと思われる。したがって葉状化を防ぐためには冷蔵期間延長など球形形成刺激を高めるか、あるいは長日処理も有効であると思われる。

摘 要

タネ球の低温処理と植付け後の日長がニンニクの球形形成におよぼす影響について実験を行ない、つぎの結果を得た。

1. 低温条件を経過しないタネ球を植えた場合、8~16時間日長下では球を形成しなかつた。しかしタネ球を5°~15°Cに20~30日間以上おいた場合はいずれも球を形成した。
2. タネ球の5°~15°C低温処理により球形形成の生理条件が誘起され、ある範囲内では温度が低いほど、処理期間の長いほど球形形成は促進されることが認められた。
3. 球形形成は長日条件で進み、そして長い日長の場合ほど球形形成は促進された。なお生育中の日長が20時間以上の場合はタネ球が低温条件を経過しなくとも球を形成した。
4. 本実験の結果、タネ球の低温処理と生育期の長日条件とは共に球形形成を促進し、そして両要因は球形形成に対して相加的に働くことが知られた。
5. 前記の諸点から、促成栽培の生産性を高めるためのタネ球の低温処理の方法について考察を行なつた。

引用文献

1. 青葉 高. 1966. ニンニクの球形形成に関する研究。(第1報) タネ球の大きさ、日長、品種が球形形成および花序の分化・発育に及ぼす影響. 園学雑. 35 (3): 284—90.

2. ———. (1971) 同. (第2報) 低温処理の影響. 山形農林学報. 28: 35—40.
3. 比屋根義一. 1965. にんにく種球の低温処理が生育収量に及ぼす影響. 琉球農試研報. 2: 57—63.
4. 勝又広太郎. 1966. 暖地におけるニンニクの品種と栽培. 農及園. 41 (11): 1628—1634.
5. 川崎重治. 1971. ニンニクに関する研究. (I) 種球の温度処理に関する試験. 昭和46年春季園芸学会研究発表要旨(九州支部). p. 416.
6. 幸地一郎・松江喜三郎. 1959. にんにくの低温処理に関する研究. (I) 感温性の品種間差異. 九州農研. 21: 134—135.
7. MANN, L. K., and P. A. MINGES. 1958. Growth and bulbing of garlic in response to storage temperature of planted stocks, day length and planting date. Hilgardia. 27 (15): 385—419.
8. 小川 勉・森 憲昭. 1970. ニンニクの結球に関する研究. 結球に及ぼす温度・日長の関係. 昭和45年秋季園芸学会研究発表要旨. pp. 120—121.
9. 山田嘉夫. 1959. にんにくの栽培温度条件と冷蔵効果について. (I) 佐賀大農彙報. 8: 23—32.
10. ———. 1963. 葫の栽培に関する実験的研究. 同誌. 17: 1—38.