

ニンニクの茎頂培養における小植物の栄養成長と 球の形成・肥大に及ぼす培養光源の影響

高 樹 英 明・曲 英 華
(山形大学農学部蔬菜園芸学研究室)
(平成3年9月2日受理)

Effects of Light Quality on Vegetative Growth and Bulbing of Plantlets in Garlic Shoot Tip Cultures

Hideaki TAKAGI and Ying-hua QU
Laboratory of Vegetable Crop Science, Faculty of Agriculture,
Yamagata University, Tsuruoka 997, Japan
(Received September 2, 1991)

Summary

Light source promoting *in vitro* bulbing and vegetative growth was investigated of plantlets from shoot tips of garlic cloves of cv. 'White roppen' induced by low temperatures before excising the shoot tips. Addition of incandescent lamps to fluorescent lamps, and any fluorescent lamps emitting far-red light promoted bulbing under 16-h photoperiods. A kind of fluorescent lamp strongly emitting blue light promoted bulbing to some extent. Any fluorescent lamps emitting little or no far-red light promoted vegetative growth of shoots of plantlets, inhibiting bulbing.

結 言

組織培養における照明光の強度や質(波長)が培養植物体からのシュート形成や発根, またシュート成長やカルス成長に影響を及ぼすとの報告は少なからずあるが^{1,2)}, ウイルスフリー苗生産を目的とした茎頂培養における最適培養光源を検討した本格的な報告は見当たらない。本報告は, ニンニクのウイルスフリー苗生産を目的とした茎頂培養における, 培養光源の種類とニンニク小植物の栄養成長及び球の形成・肥大との関係を検討したものである。

材料及び方法

1990年7月収穫後20℃以上の室温で貯蔵した青森県産ニンニク品種'ホワイト六片'の1個平均重16.1gの側球を1991年1月23日から1℃で33日間低温処理した後, 葉原基1~1.5個を付けた茎頂組織片を切り出して培養した。*In vitro*での球の形成・肥大は供試球の低温

処理によって著しく促進されるが^{6,8)}, 低温処理効果が強くあらわれると, 光処理の効果があつたとしてもそれが小さい場合にはマスクされてしまうことも考えられるので, 低温処理の程度を前記のようにやや弱めとした⁴⁾。培地はショ糖3%, 寒天0.8%濃度のB5培地を使用した⁷⁾。植物成長調節物質として, オーキシシン 3-indolebutyric acid の0.3 μ Mとサイトカイニン 2-isopentenyladenine の30 μ Mを添加した^{7,8)}。培養試験管(1茎頂/試験管)として初代培養(60日間)では25mm ϕ ×100mm, 継代培養(33日間)では25mm ϕ ×200mmを用い, ポリプロピレン製の半透明のキャップを使用した。培地量は初代, 継代とも10mlとし, 同じ組成の培地で継代した。培養恒温器にはほぼ立方体の形状のものを用い, 光源を上面及び3側面ないし4側面(すなわち全側面)に設置して, 温度を21℃に調節した。培養開始当初の8日間は全処理区(20茎頂/区)とも植物用蛍光灯ホモルクス育成用PGで照明し, その後は後述する種々の蛍光灯照明ないし蛍光灯と白熱灯の混合照明とした。なお, 培

養開始後28日間は12時間日長としたが、以後の32日間及び継代培養の期間は16時間日長とした。

供試光源はすべて松下電器産業(株)製で、側面には20ワット蛍光灯を9cm間隔で4本(1側面)、上面には10ワット蛍光灯を4本あるいは40ワット白熱電球を4個(33×35cm)設置した。処理1——略称“パルック”：パルック蛍光灯3波長形昼白色(色温度5000K)EX-N(3側面から照明——3側面照明では残りの1側面は蛍光灯無設置)；処理2“フルホワイト”：フルホワイト蛍光灯(昼白色蛍光灯, 色温度5000K)N(3側面から照明)；処理3“ホモルクス”：植物用蛍光灯ホモルクス育成用PG(3側面から照明)；処理4“AAA 昼白色”：高演色形蛍光灯演色AAA 昼白色(色温度5000K)N-EDL(全側面から照明)；処理5“パルック+白熱電球”：側面照明はパルック蛍光灯3波長形昼白色EX-N(3側面から照明), 上面からの照明は電照用(白熱)電球みのり(植物体上方35cmから照明)；処理6“電球色”：高演色形

蛍光灯演色AAA 電球色(色温度2700K)L-EDL(全側面から照明)；処理7“電球色+青色”：側面照明は高演色形蛍光灯演色AAA 電球色L-EDL(3側面から照明), 上面からの照明はカラー蛍光灯青色B(植物体上方32cmから照明)。これらの蛍光灯の分光特性を第1図に示した。また、培養試験管を置いた場所での光合成有効光量子放射束密度(PPFD)を第1表に示した；放射計はライカー社(LI-COR)のmodel LI-185B(本体)にmodel LI-190SB(センサー)を装着したものを使用した。

なお、本実験では実用的な結果を得ることを目的として、供試蛍光灯のワット数(側面は20ワット, 上面は10ワット)と設置本数(側面, 上面とも4本/面)をそろえて各光源の効果を比較した。光源の種類による光強度の差異を調整しなかったため、第1表に示されるように処理区間の光強度(PPFD値)にかなりの差が見られた。処理3のPPFD値が他区に比べてかなり低い値を示したが、これは供試した蛍光灯ホモルクスが他の蛍光灯に

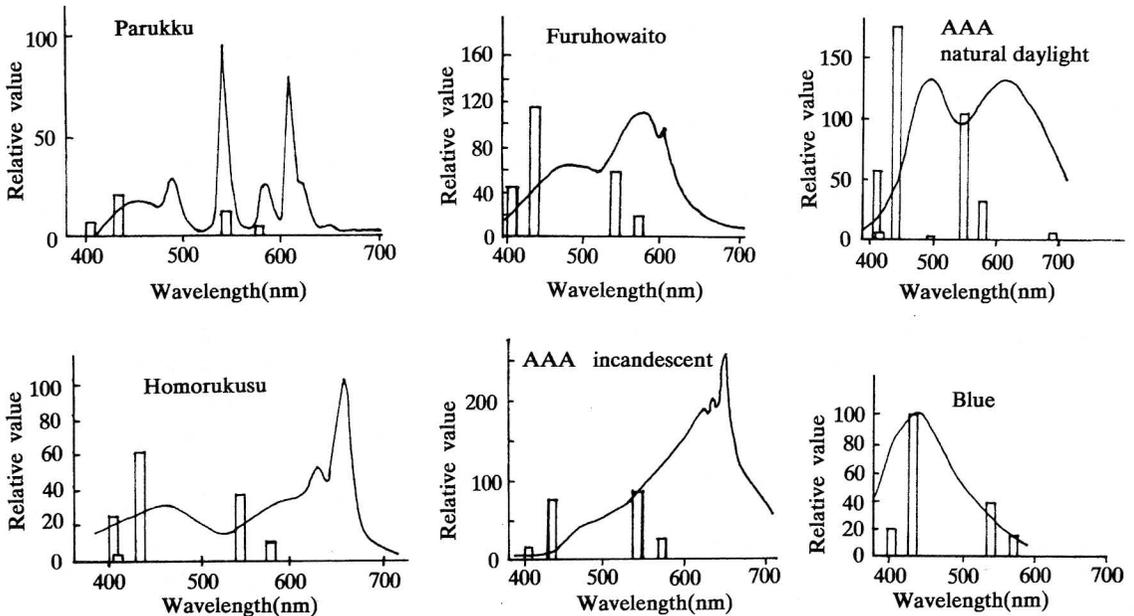


Fig. 1. Spectral radiant power distribution of light sources (the fluorescent lamps of Matsushita Electric Industrial Co., Ltd). Parukku: 3-narrow band emission fluorescent lamp, natural daylight (5000 K, Ra 84), EX-N. Furuhowaito: natural daylight fluorescent lamp (5000 K, Ra 72), N. Homorukusu: 2-wide band fluorescent lamp for plant growth, PG. AAA natural daylight: color rendering improved fluorescent lamp, natural daylight (5000 K, Ra 99), N-EDL. AAA incandescent: color rendering improved fluorescent lamp, incandescent-light-colored fluorescent lamp (2700 K, Ra 95), L-EDL. Blue: blue-colored fluorescent lamp, B.

Table 1. Photosynthetic photon flux density (PPFD, $\mu\text{Em}^{-2}\text{sec}^{-1}$) at the centers in culture chambers.

Treatment no.	Light source ^z	Direction of measurement				
		Above	Right & left	Rear	Front	Average
1	Parukku	105	168	196	116 ^y	146.3
2	Furuhowaito	137	148	170	105 ^y	140.0
3	Homorukusu	80	80	85	52 ^y	74.3
4	AAA natural daylight	212	225	240	212 ^x	222.3
5	Parukku	130	170	204	120 ^y	156.0
	+ Incandescent lamp					
6	AAA incandescent	178	200	204	176 ^x	189.5
7	AAA incandescent	100	126	138	85 ^y	112.3
	+ Blue					

^z See the caption of figure 1.

^y No lamp at the front sides of the chambers of the treatment number 1, 2, 3, 5 and 7.

^x Four fluorescent lamps per side were set at the front sides of the chambers of the treatment number 4 and 6.

比較してワット数の割には PPFD 値が小さいためである。処理 5 と 7 は混合照明区であるが、両区の側面照明の蛍光灯のワット数、本数は処理 1, 2, 3 と同様にした。処理 4 と 6 は装置の関係上蛍光灯の側面照明を 4 面全面としたため、蛍光灯の使用本数が処理 1, 2, 3 より 25% 多くなり、PPFD 値がかなり大きくなった。

結 果

シュートの成長 小植物のシュートの栄養成長(重さ, 長さ, 展葉数)はホモルクス区が最も良好で、次いでパ

ルック区であった(第 2 表)。一方、栄養成長が最も劣ったのは「パルック+白熱電球」区で、次いで AAA 昼白色区が劣った。フルホワイト, 電球色, 「電球色+青色」の 3 区は栄養成長の程度が前記の優良グループと劣悪グループの間であった。

側芽及び不定芽の発生は全般的に少なく、側枝数は処理間に有意差が認められなかった(第 2 表)。

根の成長 根重, 根長, 根数のいずれにおいても AAA 昼白色区が最大で、次いで「電球色+青色」区が大きく、これに電球色と「パルック+白熱電球」の両区

Table 2. Vegetative growth of plantlet shoots.

Treatment no. ^z	Shoot fresh weight (mg)	Shoot length (mm)	No. of expanded leaves	No. of lateral shoots
1	298.5 ab ^y	77.9 ab	4.6 a	0.9 a
2	257.7 abc	81.0 ab	4.6 a	0.6 a
3	329.8 a	93.6 a	4.8 a	1.3 a
4	231.4 bc	62.3 bc	4.3 ab	0.9 a
5	201.1 c	57.8 c	4.1 b	1.2 a
6	275.0 abc	68.9 bc	4.4 ab	1.3 a
7	258.4 abc	71.7 bc	4.6 ab	1.1 a

Data are expressed as means of 16 to 19 plantlets.

^z See table 1.

^y There is no significant difference at 5% level between means added the same alphabet.

が続いた（第3表）。パルック、フルホワイト、ホモルクスの3区は根の成長が最も劣った。

球の形成・肥大 培養93日後までに全処理区の小植物のほとんど全て（98.5%）が主軸の基部に各1個の貯蔵葉を形成し、処理区間に（主軸の）球形率の差異は認められなかった。なお、側枝では貯蔵葉形成が遅れ、同

Table 3. Growth of plantlet roots.

Treatment no. ^z	Root fresh weight (mg)	Length of the longest root (mm)	Root no.
1	4.2 c ^y	4.6 bc	1.2 ab
2	4.3 c	5.0 bc	1.2 ab
3	5.8 bc	4.0 c	0.8 b
4	13.1 a	8.4 a	1.6 a
5	8.8 abc	6.3 abc	1.4 ab
6	8.9 abc	6.5 abc	1.3 ab
7	9.4 ab	7.1 ab	1.5 ab

Data are expressed as means of 16 to 19 plantlets.

^z See table 1.

^y There is no significant difference at 5% level between means added the same alphabet.

Table 4. Bulbing of plantlets.

Treatment no. ^z	Node-order of storage leaf ^x	Bulb fresh weight (mg)	Bulbing ratio ^w
1	6.06 bc ^y	48.4 bc	2.28 d
2	5.74 ab	58.4 ab	2.86 cd
3	6.25 c	31.5 c	2.36 d
4	5.59 ab	78.1 a	3.79 ab
5	5.35 a	78.0 a	4.17 a
6	5.61 ab	73.7 a	3.36 bc
7	5.56 a	77.1 a	3.41 bc

Data are expressed as means of 16 to 19 plantlets.

^z See table 1.

^y There is no significant difference at 5% level between means added the same alphabet.

^x Node-order at which a storage leaf was formed. This value is one plus number of foliage leaves formed before a storage leaf.

^w Bulb diameter/neck diameter.

調査時点での側枝の球形率は約5割にとどまった。

貯蔵葉形成節位の低いことは球形の促進を示すが、この節位の最も低かったのは「パルック+白熱電球」区で、「電球色+青色」、AAA 昼白色、電球色の3区がこれに続いた（第4表）。一方、ホモルクス区は節位が最も高く、次いでパルック区が高く、フルホワイト区がこれに続いた。

球形指数の大きいことは球形形成時期の早いことと球成熟の進んでいることを示すが、この最も大きかったのは「パルック+白熱電球」区で、次いでAAA 昼白色区であり、これに「電球色+青色」、電球色の両区が続いた（第4表）。パルック、ホモルクスの両区は球形率が最も遅く、フルホワイト区が次いで遅かった。

球重はAAA 昼白色、「パルック+白熱電球」、「電球色+青色」の3区が最大で、電球色区もこれらとほとんど同じであった（第4表）。次いで球重が一段と小さくなってフルホワイト区、さらに小さくなってパルック区が続いた。ホモルクス区は球重が最小で最大グループの3区に比べて著しく球重が小さかった。

考 察

最初に、AAA 昼白色と電球色の両区の蛍光灯の設置本数を他区より多くしたことによる影響について検討しておく。この両区は光合成の点で有利と考えられ、他区並みの設置本数にした場合に比較して成長量の若干の増加が期待される。しかし、形態形成効果の点については、この程度の光強度の差では明白な違いは生じないと考えられる。結果の項の記述で上記の事情による修正の必要が考えられるのは、この両光源で成長が比較的促進された根の成長と球重の2項目であろう。根の成長はAAA 昼白色区が最大であったが、次位の「電球色+青色」区より値がかなり大きかったので上記の修正を考慮しても順位の逆転はないと考えられる。電球色区は3番目に成長が良いグループに入っていたが、その次のグループとは成長差がかなりあったので、これも順位の逆転はないと考えられる。次に球重に関しては、AAA 昼白色、電球色の両区は他の2区とともに最大グループに属していたが、次位のフルホワイト区との間にはかなり大きな差があったので、蛍光灯の設置本数を同じにした場合でもAAA 昼白色、電球色の両区はフルホワイト区よりは球重が大きくなると考えられる。しかし、蛍光灯の設置本数を同じにした場合、球重が最大の4処理区の間での順位は、前項の“結果”で記した順位とは少し異なると推

定される。すなわち、その場合は以下のような順位になると推定される。“球重は「パルック+白熱電球」, 「電球色+青色」, AAA 昼白色の3区が最大で、電球色区がこれに続いた。さらに球重が一段と小さくなってフルホワイト区が続いた。……”

以下に以上の修正を踏まえて考察することにする。

タマネギ⁹⁾やニンニク³⁾の球の形成・肥大は長日条件によって促進されるが、その効果は日長を延長する光源の光質によって異なり、遠赤色光を含む光の効果が高く、また青色光を含む光にも効果のあることが知られている。ニンニクではこれらを含まない光では効果がほとんどない³⁾。本実験の供試光源のうち遠赤色光の放射が強いのは「パルック+白熱電球」混合光源のみであったが、この区の球の形成・肥大は最も優れていた。「電球色+青色」, AAA 昼白色, 電球色の各区は「パルック+白熱電球」区に次いで球の形成・肥大が良好であったが、これはこれら3区の光源が遠赤色光をある程度放射しているからと考えられる。一方、パルックとホルムクスの両区は球の形成・肥大が最も劣った。これはこれら両区の光源には遠赤色光放射がほとんどなく、また青色光放射も弱いためと考えられる。フルホワイトには遠赤色光放射がほとんどないが、球の形成・肥大はパルック, ホルムクス等より若干優れた。これはフルホワイトの青色光放射が前記の2光源より強いためと考えられる。

シュートの栄養成長に対する光源の作用は大体において球の形成・肥大に対する作用と反対の関係にあった。ニンニクでは球の形成・肥大が進むと植物の栄養成長が衰え、ついには停止するが、球の形成も花芽形成も起らないといつまでも栄養成長を続ける性質⁴⁾があるので、球の形成・肥大に不適な光源下ではシュートの栄養成長が進み、結果として栄養成長が促進されたのであろう。また、逆の場合には(球の形成・肥大が促進される光源下では)、結果として栄養成長が抑制されたのであろう。

根の成長と光質との関係は、遠赤色光放射のある光源で成長が比較的良好であったが、遠赤色光と青色光を共に放射する光源では根の成長が一層優れたと言える。

ニンニクの茎頂培養では、培養光源の形態形成に及ぼす影響が以上に記したように大きいので、培養の目的(シュート成長促進か、*in vitro* 球形成促進か)によって光源を使い分けることが望ましい。

摘 要

ニンニク品種‘ホワイト六片’の低温前処理を行った

側球から切り出した茎頂を培養した。培養小植物の *in vitro* での球の形成・肥大は、蛍光灯に白熱灯を混合照明(16h 日長)するか、遠赤色光放射のある蛍光灯の単独照明下で促進された。また、青色光を比較的強く放射する蛍光灯の単独照明下でも球の形成・肥大がやや促進された。遠赤色光放射のほとんどない蛍光灯照明下では球の形成・肥大は遅れたが、シュートの栄養成長が促進された。

引用文献

- 1) 富士原和宏・古在豊樹. 1989. 培養容器内光環境. 山口彦之・高山真策・大野辰美 編著. 最新植物工学要覧. p.241-242. R & D プランニング. 東京.
- 2) Read, P. E. 1990. Environmental effects in micropropagation. p.95-125. In : P. V. Ammirato, D. A. Evans, W. R. Sharp and Y. P. S. Bajaj (eds.) Handbook of plant cell culture, vol.5, ornamental species. McGraw-Hill Publishing Company, New York.
- 3) 高樹英明・青葉 高. 1976. ニンニクの球形成に関する研究(第5報)補光期の光源の種類が生育と球および花序の形成に及ぼす影響. 山形大学紀要(農学). 7(3):401-418.
- 4) 高樹英明. 1979. ニンニクの球形成と休眠に関する研究. 山形大学紀要(農学). 8(2)別冊:507-599.
- 5) 高樹英明・水上克朗・柴田千鶴子. 1989. ニンニクの茎頂の生長と不定芽発生に及ぼすオーキシンとサイトカイニンの影響. 園学雑58巻別冊2:234-235.
- 6) 高樹英明. 1990. ニンニクの芽の組織培養における栄養分, 生長調節物質及び温度の影響. 山形大学紀要(農学). 11(1):187-200.
- 7) 高樹英明・水上克朗. 1990. ニンニクの茎頂培養における小植物の栄養生長と側枝発生に及ぼす無機多量要素, オーキシン並びにサイトカイニン濃度の影響. 園学雑59巻別冊2:326-327.
- 8) 高樹英明・曲 英華. 1991. ニンニクの *in vitro* 小りん茎生産に及ぼす低温前処理, 生長調節物質及び日長の影響. 園学雑60巻別冊1:224-225.
- 9) 寺分元一. 1965. タマネギの鱗茎形成に関する研究(第1報)鱗茎形成と生育とに及ぼす光質の影響. 園学雑. 34(3):196-204.