

佐賀大農彙 (Bull. Fac. Agr., Saga Univ.) 71 : 99~111 (1991)

## 培養莖頂のアルキル化剤処理による ニンニクの突然変異体作出

田代 洋丞・宮崎 貞巳・竹下 昭人

(生物工学講座)

平成3年5月31日受理

## Induction of Garlic Mutants by Treatment of Cultured Shoot Tips with Alkylating Agent

Yosuke TASHIRO, Sadami MIYAZAKI and Akito TAKESHITA

(Laboratory of biotechnology and plant breeding)

Received May 31, 1991

### Summary

To improve the mutation breeding for vegetatively propagated plants chemical mutagenesis and shoot tip culture were combined.

Excised shoot tips of garlic, *Allium sativum* L., were treated with various doses of N-methyl-N-nitrosourea (MNU) (5, 10mM, pH=5.0, 25°C, 2.5-80min.) just after excision or two days after inoculation on MS media without hormone. After washing with sterilized water the shoot tips were cultured on the same media. The increasing dose of MNU decreased the growth of shoot tips on media and delayed the transplanting of regenerated plants to nursery beds. During two times of cultivations of the plants on nursery beds and pots, the survival rates, growth habits and morphologies were observed. Survival rate decreased with the increasing dose of MNU and with the passage of time, but it was not influenced significantly by preculture of shoot tip. LD<sub>50</sub> of MNU for the survival rate at the end of second cultivation was 100mM·min. (5mM×20min., 10mM×10min.). Various induced mutations were observed in many characters of the tops and bulbs of survivors, such as the shapes, colors and sizes of leaf and bulb, wax and chlorophyll of leaf, number and arrangement of cloves in a bulb, etc. When the shoot tips were treated with MNU (5mM, 2.5-40min.) just after excision, the chlorophyll mutant frequency increased progressively with the increasing dose of MNU. Eight of 22 visible mutants examined did not show segregations in the vegetatively propagated progenies. The values for practical uses were recognized in some of the mutants.

From these results it is demonstrated that the combination of chemical mutagenesis and shoot tip culture is effective to induce easily abundant mutations and establish the mutants in vegetatively propagated plants.

Key words : garlic, *Allium sativum*, mutagenesis, chemical mutagen, shoot tip culture

## 緒 言

突然変異育種は栄養繁殖性植物の育種にとって効果的方法であると考えられる。近年、種々の化学物質が突然変異を高頻度で誘発することが明らかにされ、これらは放射線と共に作物の突然変異育種のための変異原として用いられるようになった<sup>1,2)</sup>。特に、アルキル化剤は核酸塩基に直接作用して突然変異を多発する強力な変異原であり、放射線とは異なる突然変異スペクトルが期待できることや、処理に際して特別な設備を必要としないなどの利点を持っている。しかし、栄養繁殖性植物の場合には、処理材料として用いる繁殖体が大きくて構造が複雑であるので、茎頂などの個体の出発点となる細胞（細胞群）に本剤を効果的に接触させることは容易でない。また、突然変異を起こした細胞が淘汰されるのを防ぎ、変異細胞のみから成る個体あるいは安定したキメラ個体を単離するのも容易でない<sup>3)</sup>。従って、アルキル化剤を用いた栄養繁殖性植物の突然変異育種を容易で効率的にするためには突然変異誘発材料及び処理方法の改良、突然変異細胞の救済、さらに、キメラの解消或いは安定化を図る必要がある。

本研究では、典型的な栄養繁殖性植物であるニンニクを材料に用いて、アルキル化剤の一つであるメチルニトロソウレア (MNU) による突然変異誘発処理と茎頂培養を組み合わせることにより上記の問題を克服し、突然変異体を効率良く作出する方法を検討した。

## 材料及び方法

1982年10～11月にニンニクの品種‘上海’の子球から無菌的に切り取った茎頂をただちに、あるいは、一旦MS固形培地<sup>4)</sup>で2日間、24°C、12時間日長下で培養(処理前培養)した後、MNU水溶液(pH=5.0)で振とう処理(25°C、暗黒、100回/分)した。MNUの処理量(濃度×時間)は、処理前培養をしない区では5mMで2.5～40分間とし、処理前培養をした区では5mMで20～80分間及び10mMで10～40分間とした(第1表)。MNU処理した茎頂は滅菌水で40分間振

Table 1. Composition of experiment for treatment of garlic shoot tips with MNU.

Treatment number	Period of preculture (day)	Conc. of MNU (mM)	Treatment time (min.)	Number of shoot tips treated
1 <sup>a)</sup>	0	0	40	50
2	0	5	2.5	50
3	0	5	5	50
4	0	5	10	50
5	0	5	20	50
6	0	5	40	50
7 <sup>b)</sup>	2	0	80	50
8	2	5	20	50
9	2	5	40	50
10	2	5	80	50
11	2	10	10	50
12	2	10	20	50
13	2	10	40	50

a) : Control for treatment 2, 3, 4, 5, 6.

b) : Control for treatment 8, 9, 10, 11, 12, 13.

とう洗浄(25°C, 暗黒, 100回/分)した後, MS 固形培地に植え付け, 24°C, 12時間日長下で培養した。また, 対照区として, 処理前培養をしない茎頂及びした茎頂を MNU を含まない水溶液でそれぞれ40分間及び80分間振とう処理後, MNU 処理区と同様に洗浄し, 培養を行う区を設けた。なお, MNU 処理及び洗浄中の無菌操作はクリーンベンチ内に取り付けた純黄色蛍光灯下で行い, 処理後12時間は茎頂に光が当たらないようにした。培養60日後にすべての茎頂の草丈及び葉数を調査した。

茎頂が生長・発根し, 草丈が約12cmに達した時に順次培地から良く水洗した川砂を詰めた育苗床へ移植した。育苗床に活着し, 生長した個体は1983年5月に球根形成を行い休眠したので, 同年6月に球根を収穫・乾燥後, 室温で貯蔵した。同年8月にこれらの球根を良く水洗した川砂を詰めた5号素焼き鉢へ1個体ずつ植え付け, ガラス室内で栽培し, 1984年3月に地上部の形態調査を行った。これらの個体は同年5月に再び球根を形成したので, 同年6月にこれらを収穫し, 球根の形態調査を行った。また, 茎頂培養から鉢栽培終了時まで適時生存個体率を調査した。

1983年8月から1984年6月の鉢栽培中の植物体及び収穫した球根で顕著な可視突然変異が観察された個体については, 形成された子球を1984年9月に1球ずつ分けて鉢に植え付け, 1985年6月まで栽培し, 地上部と球根を観察して, 栄養繁殖後代における突然変異の分離の様相を調査した。さらに, 一部の個体についてはその後数年間鉢栽培或いは圃場栽培を繰り返し, 同様の調査を行った。

## 結 果

### 1. 処理前培養をしなかった区

MNU 処理したニンニク茎頂の培養中の生長については, 処理量が大いほど草丈は小さかったが, 展開葉数はむしろやや多かった(図1)。対照区及び5 mM×2.5分間処理区では培養約60日後から育苗床へ移植可能な個体がみられたが, MNU 処理量が大いほど移植可能な時期が遅くなる傾向があった(表2)。しかし, 培養85日後までにはいずれの処理区においてもほとんどの個体の移植が完了し, 移植個体率は処理区間差がなかった。

5 mM×2.5~10分間処理区の生存個体率の推移は対照区のそれとほぼ同様であり, 1984年6月の球根収穫時においてもほとんどの個体が生存していた(図2)。しかし, 5 mM×20分間処理区では, 大部分の個体が育苗床へ活着し, 球根を形成したが, 球根植え付け後萌芽しないで枯死した個体が多かったために, 1984年6月の球根収穫時の生存個体率は60%に

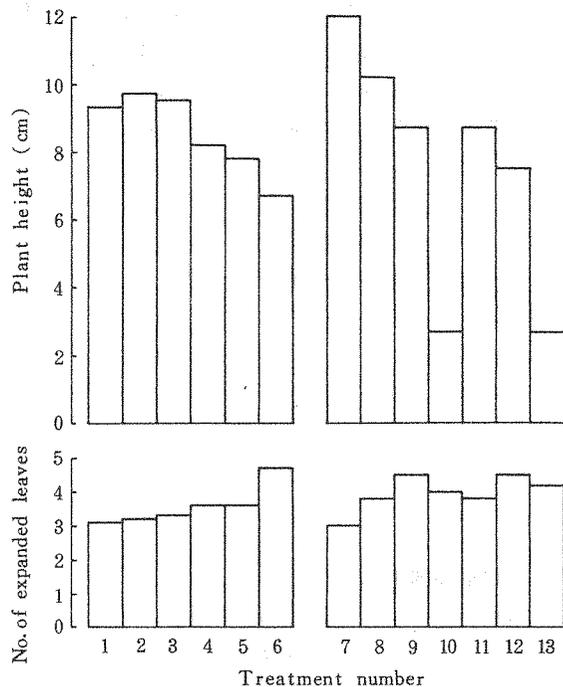


Figure 1. Plant heights and numbers of expanded leaves of garlic shoot tips treated with MNU and cultured on MS media for 60 days.

Tabl 2. Periods of shoot tip culture necessary to grow shoot tips treated with MNU into whole plants for transplanting to nursery beds.

Treatment number	Frequency of shoot tips					Total	Percent. of shoot tips transplanted
	Period of shoot tip culture						
	60~65	66~75	76~85	86~95	96~100		
1	23	15	9	0	0	47	94
2	27	15	6	0	1	49	98
3	3	37	7	0	0	47	94
4	0	41	7	0	0	48	96
5	0	34	11	0	1	46	92
6	0	9	38	0	0	47	94
7	41	8	0	0	1	50	100
8	0	46	2	2	0	50	100
9	0	32	10	6	2	50	100
10	0	0	5	21	4	30	60
11	0	28	14	4	0	46	92
12	0	0	40	9	0	49	98
13	0	0	3	20	1	24	48

下がった。また、5 mM×40分間処理区では育苗床へ移植後活着しないで枯死した個体が多く、さらに、球根植え付け後萌芽しないで枯死した個体も多かったために、1984年6月の球根収穫時の生存個体率は24%に下がった。

MNU 処理したニンニクの形態調査の結果、葉及び球根の大きさ、形及び色、葉のワックス及び葉緑素、一つの球根に含まれる子球の数及び配置など種々の形質について顕著な形態的突然変異が観察された(図6)。アルビノ、黄色、淡緑色などの葉緑素突然変異が観察され、葉緑素突然変異体頻度はMNU処理量が多いほど高い傾向を示した(表3)。また、処理量が多い区では地上部、球根ともに小さい個体が多かった(図4, 5)。さらに、明瞭な葉緑素突然変異キメラ個体の他に、突然変異キメラが主な原因であると考えられる葉の生長の偏り(湾曲、捩れ、螺旋など)あるいは球根の形の異常(子球の大きさの不揃い、配置の乱れなど)を示す個体が観察された(図6)。

## 2. 処理前培養をした区

培養中の茎頂の生長は、MNU濃度5 mM区、10mM区共に処理量が多いほど悪く(図1)、育苗床へ移植した時期が遅かった(表2)。5 mM×80分間及び10 mM×40分間処理区の茎頂の生長は特に

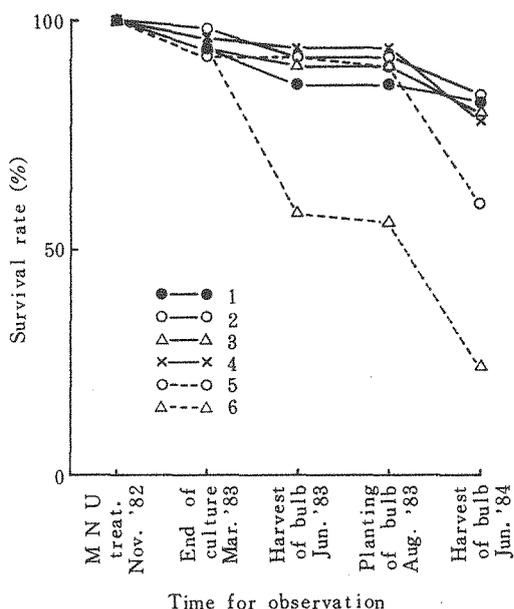


Figure 2. Changes in survival rates of garlic plants regenerated from shoot tips treated with MNU (Treatment No. 1-6).

Table 3. Chlorophyll mutant frequency of garlic plants regenerated from shoot tips treated with MNU and grown in pots (Observed on Mar. '84).

Treatment number	No. of plants observed	Frequency of chlorophyll mutants			Chlorophyll mutant frequency (%)
		Whole plant	Chimera	Total	
1	37	0	0	0	0
2	42	0	1	1	2.4
3	40	0	1	1	2.5
4	39	1	3	4	10.3
5	30	3	5	8	26.7
6	12	3	1	4	33.3
7	49	0	0	0	0
8	30	1	9	10	33.3
9	13	1	2	3	23.1
10	5	3	0	3	60.0
11	20	0	4	4	20.0
12	20	1	3	4	20.0
13	6	1	0	1	16.7

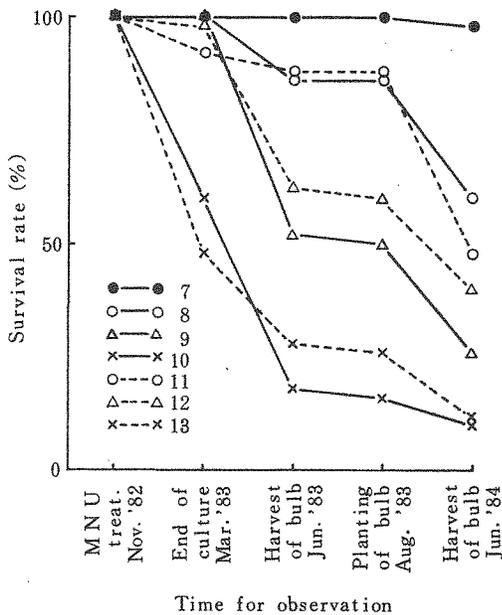


Figure 3. Changes in survival rates of garlic plants regenerated from shoot tips treated with MNU (Treatment No. 7-13).

悪く、移植までに86日以上を要した個体がほとんどで、枯死した個体も多かった。したがって、これら以外の区では移植個体率が90%以上であったのに対し、これらの2区では60及び48%と低かった。なお、5 mM×80分間処理区の1個体はシュート及び根を形成せず、黄色のカルスのみを形成した。このカルスはホルモンフリーのMS培地で継代培養することにより旺盛に増殖させることが出来た。

育苗床へ移植後の生存個体率は、対照区では1984年6月の球根収穫時までほぼ100%で推移したが、処理区ではMNU濃度5 mM区、10mM区共に処理量が大きいほど時間の経過とともに小さくなった(図3)。MNU濃度5 mM区と10mM区では処理量が同じ場合には同様な生存個体率の推移を示した。すなわち、5 mM×20分間処理区と10mM×10分間処理区では育苗床へ移植後大部分の個体が活着し、球根を形成したが、球根植え付け後萌芽しないで枯死した個体が多かった。また、5 mM×40分間処理区と10mM×20分間処理区では育苗床へ移植後活着しないで枯死した個体と球根植え付け後

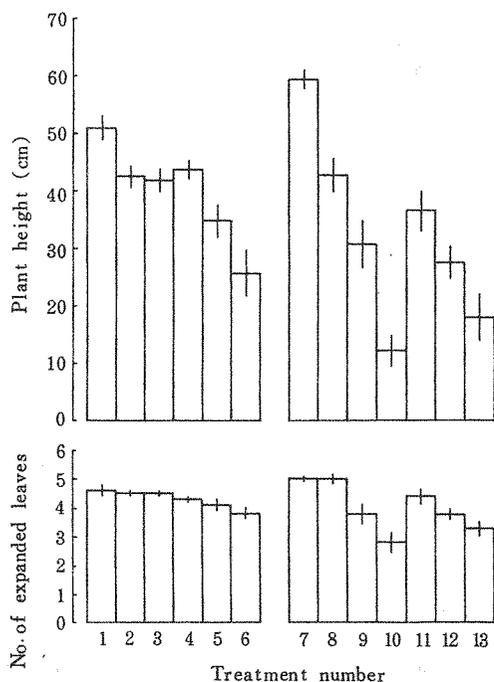


Figure 4. Plant heights and numbers of expanded leaves of garlic plants, regenerated from shoot tips treated with MNU and grown in pots (Observed on Mar. '84).

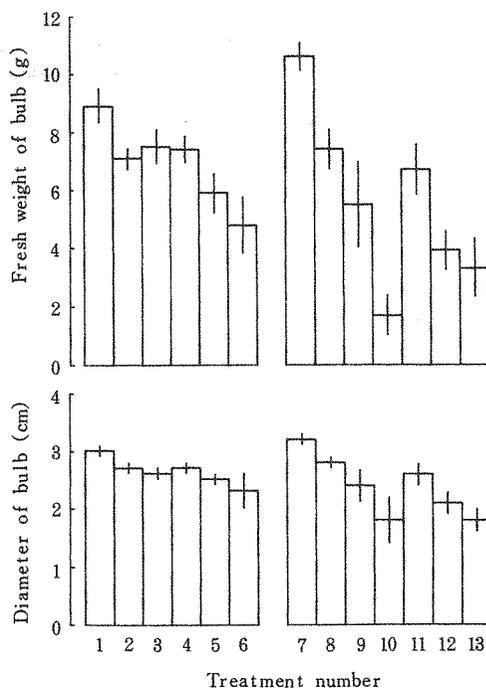


Figure 5. Fresh weights and diameters of bulbs of garlic plants, regenerated from shoot tips treated with MNU and grown in pots (Observed on Jun. '84).

萌芽しないで枯死した個体の両方が多かった。さらに、5 mM×80分間処理区と10mM×40分間処理区では培養中に枯死した個体が多かったのに加えて、育苗床へ移植後活着しないで枯死した個体が多かった。したがって、これらの三つの処理量の1984年6月の収穫時の生存個体率はそれぞれ48—60、26—40及び10—12%に下がった。

形態調査の結果、これらの処理前培養をした MNU 処理区でも処理前培養をしなかった MNU 処理区と同様に種々の形質について形態的突然変異が観察された(図6)。葉緑素突然変異体頻度はいずれの処理区でも高く、MNU 処理量に対する一定の傾向は明確でなかったが(表3)、植物体の大きさについては処理量との明確な相関がみられた。すなわち、MNU 濃度 5 mM 区、10mM 区共に処理量が大いほど地上部及び球根が小さかった(図4、5)。また、最も MNU 処理量が大い 5 mM×80分間処理区及び10mM×40分間処理区では草丈が20cmに満たない矮性個体が多かった。

処理前培養をしなかった区とした区を、まず、両者に設けた対照区について比較すると、処理前培養をした方が培養中の生長が旺盛で(図1)、移植可能な大きさに達するのが早かった(表2)。また、移植個体率はほとんど差が無かったが(表2)、生存個体率は処理前培養をした方がやや高く(図2、3)、形態調査時の地上部及び球根も処理前培養をした方が大きかった(図4、5)。次に、両者を 5 mM×20分間処理区及び 5 mM×40分間処理区で比較すると、処理前培養をした方が培養中の生長が旺盛で、移植可能な大きさに達するのが早かった。また、移植個体率及び生存個体率の推移は両者間でほとんど差が無かったが、形態調査時の地上部及び球根は処理前培養をした方が大きかった。葉緑素突然変異体頻度については両者間に顕著な差は

みられなかった(表3)。

### 3. 栄養繁殖後代における突然変異の分離

突然変異キメラを含む22系統の顕著な可視突然変異系統について栄養繁殖後代における突然変異の分離を調査した結果、8系統(36%)では、後代の全ての個体が親と同じ形態を示し、突然変異の分離は観察されなかった(Fig. 6. B, C, E, I, K)。しかし、9系統(41%)では後代の個体間で形態が異なり、突然変異の分離が観察された(Fig. 6. D, F, G, J, L-right)。また、5系統(23%)ではすべての個体が正常な形態に戻った。突然変異の分離が観察された9系統のうちの8系統の親は形態的にみて明らかに突然変異キメラ(大部分は区分キメラ)であったが、後代の大部分の個体ではキメラが解消され、キメラでない突然変異体が分離された。なお、アルビノ及び黄緑突然変異系統は球根を形成しなかった為に(Fig. 6. L-left, center)、また、強度の矮性系統の多くは分球しなかった為に(Fig. 6. H)、突然変異の分離を調査することができなかったが、これらのうち系統維持が可能であった系統の後代は親と同様な形態を示した。

## 考 察

以上に述べた結果から、茎頂のMNU処理と組織培養を組み合わせることにより容易にニンニクの突然変異を誘発し、多様な突然変異体を単離することが可能であることが明らかになった。

突然変異誘発処理と組織培養を組み合わせた場合の適当な処理量について詳しく検討した報告はこれまでに無いが、本研究の結果、ニンニクの培養茎頂に対するMNU処理の50%致死量は、培養完了時で400mM・分、最初の球根収穫時で200mM・分、2回目の球根収穫時で100mM・分であった。このように、培養系から普通栽培に移行するのに伴って処理個体の生存率が大きく下がったが、MNU処理量が100mM・分の場合でも葉緑素突然変異体頻度がかなり高かったことから、実用的にはこの処理量で効果的な突然変異誘発が期待出来ると考えられる。

本研究の計画段階ではニンニクの茎頂を摘出後直ちに処理液及び洗浄液中で長時間振盪することにより生存個体率が大きな影響を受けると予想されたため、処理前培養を行わない区と行う区を設け、両者を比較した。その結果、ニンニクの茎頂を摘出後直ちに水溶液中で約2時間振盪しても生存個体率はほとんど影響を受けないことが分かった。また、処理前培養を行った方が処理茎頂の生長は良かったが、生存個体率の推移及び葉緑素突然変異体頻度はほとんど差が無かった。したがって、操作として繁雑な処理前培養を行う必要性は無いと思われる。

一般に多細胞の繁殖体を突然変異誘発処理した場合にはキメラの発生が大きな問題となるが、本研究では調査した突然変異系統の36%では栄養繁殖後代で分離が見られなかった。したがって、本方法では摘出した茎頂をMNUで処理した後、茎頂培養により植物体を再生させることで処理当代におけるキメラ形成をかなり抑えることができたと考えられる。一方、残りの大部分の系統は後代で分離し、明らかに突然変異キメラであった。したがって、これらの突然変異キメラも利用するためにはキメラの解消方法を確立する必要がある。タマネギのような種子繁殖性植物の場合は接合子(単細胞)を経由することで容易にキメラが解消されるが<sup>9)</sup>、ニンニクのような栄養繁殖性植物の場合はこのような確実なキメラの解消方法は無い。そこで、ニンニクのキメラの解消を効率化し、確実にする為には、培養系で増殖及び選抜を行う方法を検討する必要がある。ただし、ネギ属植物は培養により染色体変異を起こし易いので<sup>9)</sup>、培養方法として

は細胞培養やカルス培養よりもシュートの分けつを旺盛に起こさせる培養方法が適当であろう。

培養中の草丈、移植可能な大きさに達するまでの日数、球形形成など多くの形質についてMNU処理による生物効果が見られ、MNUの処理量が大きい場合には矮性個体が高頻度で出現し、これらはほとんど分球せず、後代も矮性であった。また、鉢栽培に移行後、枯死したり、球形形成ができない個体もあった。これらは重複した突然変異を起こしていると考えられるが、茎頂培養はこのような虚弱な突然変異体が淘汰されるのを防ぎ、個体として存在することを可能にし、誘発された突然変異の全容を知るうえで効果があると考えられる。

Novakら<sup>7)</sup>はニンニクの分裂組織をMNUで処理後、培養して得た230系統の8.4%がニンニクモザイクウイルスに対して高い抵抗性を示したと報告している。一般に、突然変異誘発のみによって耐病性の実用品種を育成することは容易でないと考えられるが、彼らの結果はMNU処理によりニンニクの有用な突然変異が誘発される可能性を示している。本研究で得られた多彩な可視突然変異系統の実用的価値の評価を行うためには今後の詳しい調査を待たなければならないが、これまでの観察結果から推測すると、Fig. 6に示した系統の中の2~3の系統は次のような利用価値があると考えられる。すなわち、系統Bは個々の子球が大きく調理上有利であるので、その球根は商品価値が高いと考えられる。ただし、球根あたりの子球数が2~3で少ないので、珠芽(数は6~10で少ないが大きい)による繁殖、あるいは、組織培養による増殖を検討する必要がある。系統Iは保護葉が厚くて丈夫であるので、球根の機械収穫に対する耐性が大きいと考えられる。系統B及びIは共に地上部の生育が旺盛で球根重も大きいので、上述の特徴を持つ新品種と成る可能性がある。また、系統Cは個々の子球が小さく、形が不揃いであるので、農業上の利用価値はないが、通常のニンニクでは見られない分けつする性質を持つので、ニンニクの腋芽の生長・休眠に関する生理学的研究の材料として利用できると考えられる。なお、本研究では主として形態的な可視突然変異を調査したが、MNU処理した個体の中にはニンニク臭や殺菌作用を失った個体が含まれていたことから、生理的突然変異の調査にも興味をもたれる。

ニンニクの育種に関して、最近Etoh<sup>8,9)</sup>により稔性系統が発見され、交雑育種の道が開かれた。また、プロトプラストを用いた細胞融合技術が進歩し、野生種を含む近縁種を遺伝資源として利用することも可能に成りつつある。一方、現在、世界で栽培されている系統のほとんどは不稔性であるが、遺伝的変異に富み、各地に適応した品種として分化している<sup>10)</sup>。本研究の方法はこのような不稔系統を育種素材として活用する為の最も簡単で効果的な育種方法として利用できると考えられる。さらに、本方法はニンニク以外の栄養繁殖性植物の育種にも応用することができ、すでに著者らはサトイモを材料に用いて有用な突然変異系統を多数得ている<sup>11,12)</sup>。

## 謝 辞

本研究の一部は文部省科学研究費補助金(課題番号56480035)により行った。また、本研究の遂行にあたっては青木久生君(現在佐賀県伊万里農業高等学校教諭)の熱心な協力を得た。記して感謝の意を表す。

## 摘 要

栄養繁殖性植物の簡易で効率的な突然変異育種法を確立するために、アルキル化剤を用いた突然変異誘発処理と茎頂培養を組み合わせた方法を検討した。

ニンニクの摘出した茎頂を直ちに、あるいは、MS培地で2日間培養後、メチルニトロソウレア (MNU) で処理し (5, 10mM, pH=5.0, 25°C, 2.5—80min.), MS培地で培養した。生長・発根した個体を、まず育苗床で、次に鉢で栽培し、生存個体率、生長の様相及び形態を調査した。

MNUの処理量(濃度×時間)が大きいほど、培養茎頂の生長は抑制され、育苗床への移植時期が遅くなった。また、培養及び栽培期間を通した生存個体率は処理量が高いほど時間の経過とともに小さくなった。処理前培養は生存個体率に大きな影響を及ぼさなかった。鉢栽培終了時における生存個体率のMNU処理50%致死量は100mM・min。(5 mM×20min., 10mM×10min.)であった。生存個体の、葉及び球根の形、色及び大きさ、葉のワックス及びクロロフィル、球根あたりの子球の数及びその配列など、地上部及び球根の多くの形質について種々の誘発突然変異が観察された。茎頂を摘出後、直ちにMNU処理(5 mM, 2.5—40min.)した場合には処理量が高いほど葉緑素突然変異体頻度が高くなった。栄養繁殖後代における突然変異の分離を調査した22の顕著な可視突然変異系統のうち8系統では、後代の全ての個体が親と同じ形態を示し、分離は観察されなかった。また、これらのなかの数系統は有用な突然変異を起こしていた。

以上の結果から、本研究で用いた方法は栄養繁殖性植物から多様な突然変異を誘発し、突然変異体を得るのに優れた方法であると言える。

#### 引用文献

1. Satoh, H. and T. Omura (1979). Induction of mutation by the treatment of fertilized egg cell with N-methyl-N-nitrosourea in rice. *J. Fac. Agr., Kyushu Univ.* **24**: 165-174.
2. Fujimoto, M. and H. Yamagata (1982). Studies on the utility of artificial mutations in plant breeding. XIII. Mutagenicity of several alkylating agents in rice. *Japan. J. Breed.* **32**: 17-25.
3. 渡辺好郎・山口彦之 (1983). 突然変異育種. 養賢堂. 東京. 69-82, 120-144.
4. Murashige, T. and F. A. Skoog (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.* **15**: 473-497.
5. Kataria, A. S. and N. Singh (1989). Mutation studies in onion (*Allium cepa*) I. Mutagen sensitivity and mutability. *Indian J. Hort.* **46**: 199-203.
6. 田代洋丞・宮崎貞巳・金澤幸三 (1985). パラフルオロフェニルアラニンがネギ属植物のカルスの増殖及び染色体数に及ぼす影響. 佐賀大農叢. **59**: 47-56.
7. Novak, F. J., L. Havel and J. Dolezel (1982). In vitro breeding system of *Allium*. *Proc. 5th Intl. Cong. Plant Tissue & Cell Culture.* 767-768.
8. Etoh, T. (1985). Studies on the sterility in garlic, *Allium sativum* L. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* **21**: 77-132.
9. Etoh, T., Y. Noma, Y. Nishitarumizu and T. Wakamoto (1988). Seed productivity and germinability of various garlic clones collected in Soviet Central Asia. *Mem. Fac. Agr. Kagoshima Univ.* **24**: 129-139.
10. Koul, A. K., R. N. Gohil and A. Langer (1979). Prospects of breeding improved garlic in the light of its genetic and breeding systems. *Euphytica* **28**: 457-464.
11. 田代洋丞・宮崎貞巳・中島寿亀・田中政信・田中龍臣・松尾孝則 (1988). サトイモの突然変異育種に関する研究 (第1報) 培養茎頂のアルキル化剤処理による突然変異体作出. 園学要旨. 昭63秋. 266-227.
12. 田代洋丞・宮崎貞巳・竹下昭人・南 隆徳・田中政信・中島寿亀・田中龍臣・松尾孝則 (1988). サトイモの突然変異育種に関する研究 (第2報) メチルニトロソウレアで処理した'八つ頭'の球茎の変異. 園学要旨. 昭63秋. 228-229.

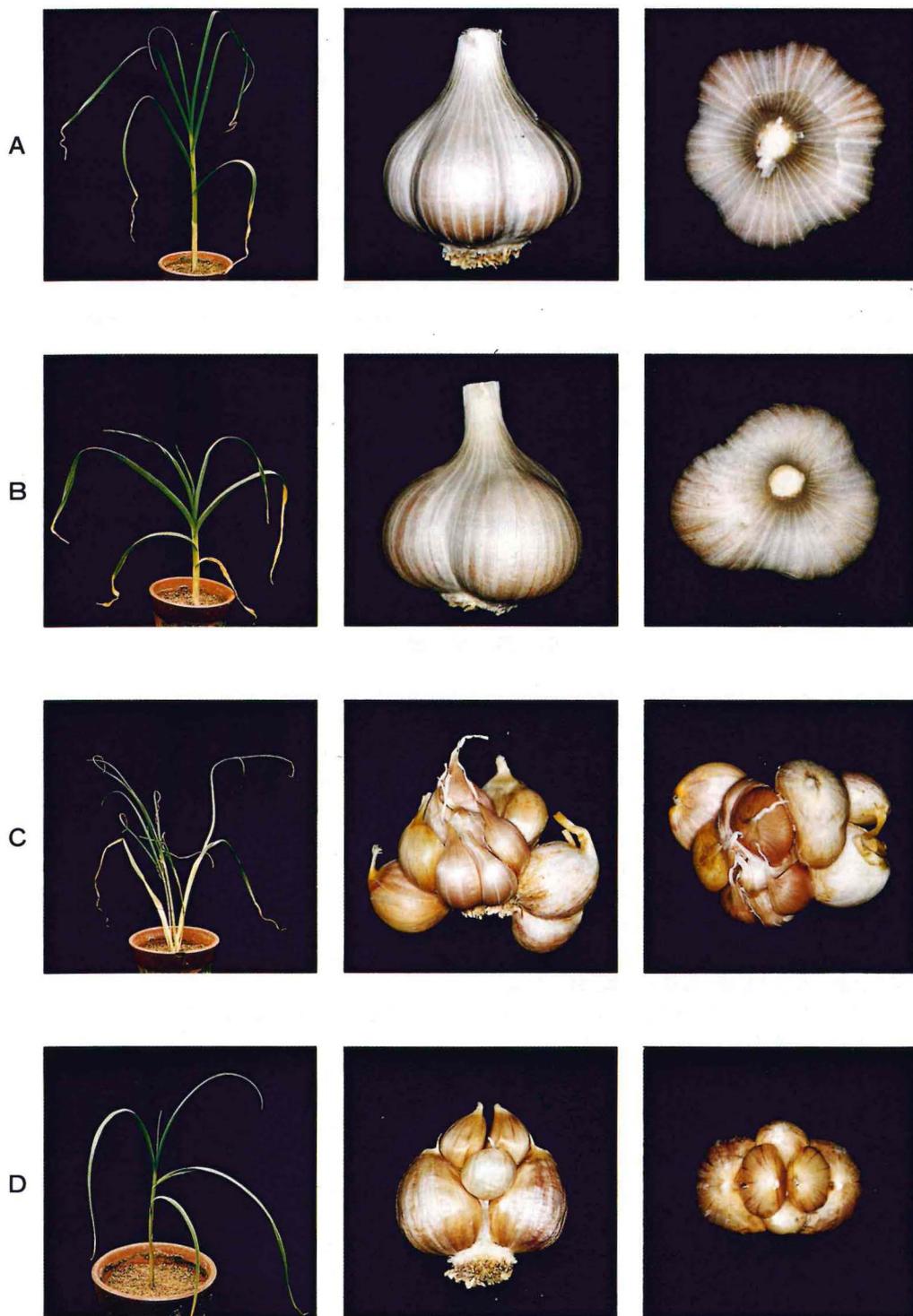


Figure 6. Mutant garlic plants induced by MNU.  
See Explanation of photographs.

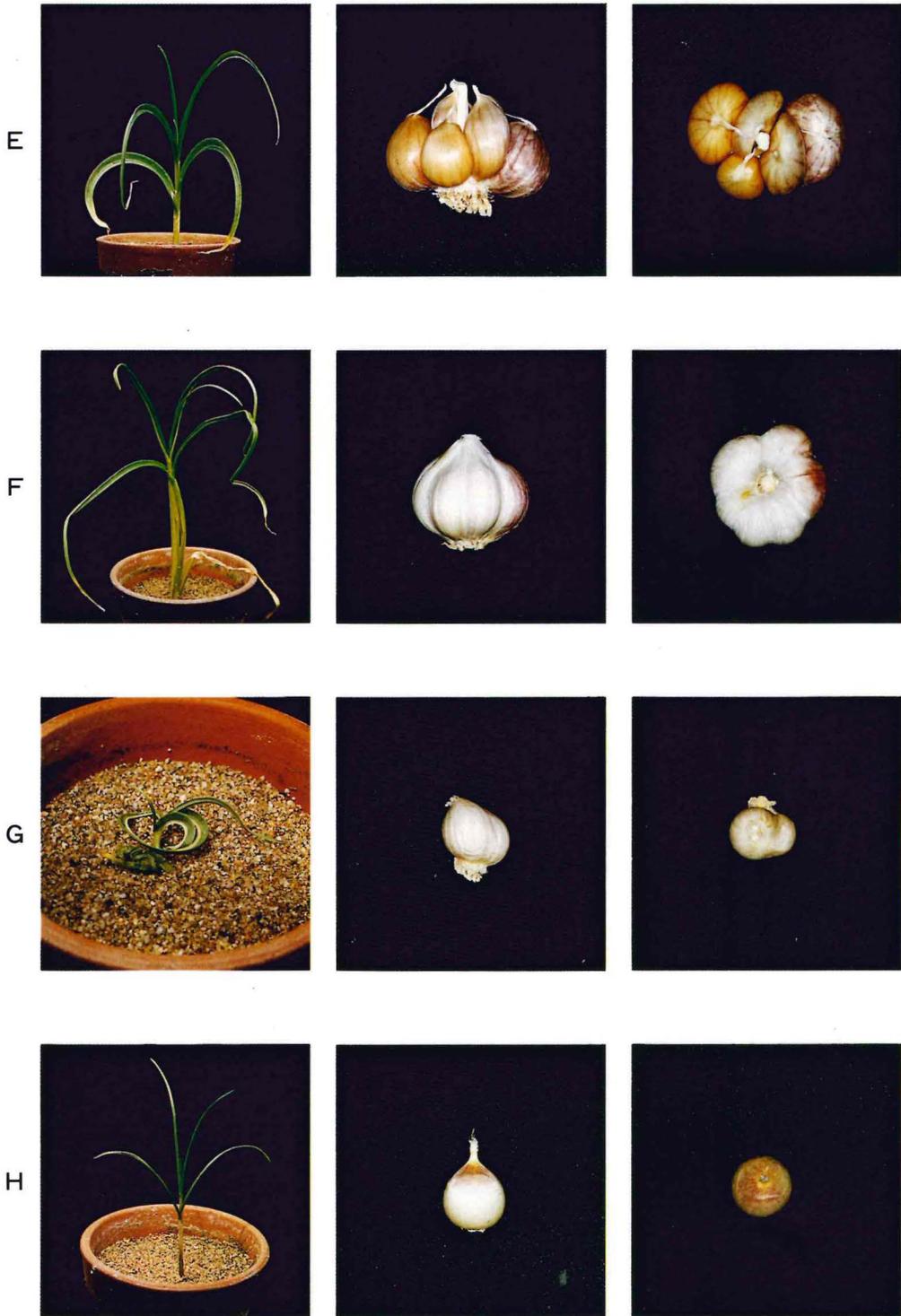


Figure 6. (Continued).

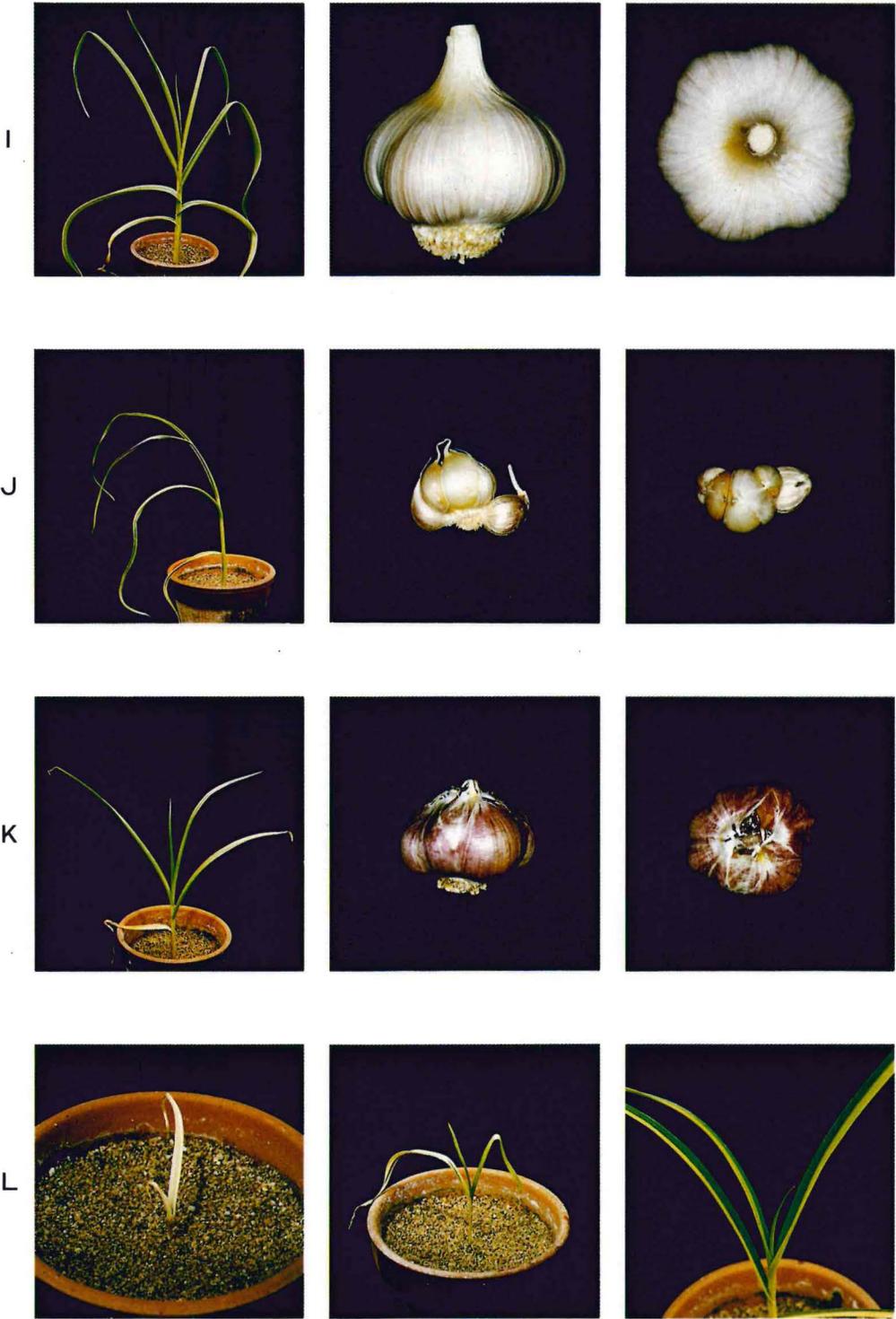


Figure 6. (Continued).

**Explanation of photographs in Figure 6.**

- A. Top and bulb of a normal garlic plant, regenerated from a shoot tip treated with water, showing normal foliage and bulb formation with 6 cloves.
- B-K. Tops and bulbs of mutant garlic plants, regenerated from shoot tips treated with MNU, showing different mutations:
- B : Spreading top, wide and thick blade, thick and short sheath and normal size of bulb composed only of 3 large cloves. Bulbils on the receptacle were also large and the number of them was small. 9 plants from these cloves and bulbils did not show segregation.
- C : Tillering top, slender leaf and complicated bulb with 13 small cloves. 13 plants from these cloves did not show segregation.
- D : Virescent and pliable blade with green streak and opposite-like arrangement of cloves. 4 plants from these cloves segregated into 1 plant with virescent and pliable blades, 2 plants with green and slender blades, and 1 plant with green blades which showed one-sided growth.
- E : Falcate blade and orthostichous arrangement of cloves. This plant appeared to be a chimera with one-sided growth of leaf. 3 plants from these cloves did not show segregation.
- F : Twisted leaf, viridescent leaf margin and small bulb with 6 small cloves. 6 plants from these cloves segregated into 4 plants with straight and green blades, 1 plant with slender and green blades, and 1 plant with straight and viridescent blades.
- G : Whirling leaf and small bulb with 2 tiny cloves. 2 plants from these cloves had slender and straight leaves.
- H : Dwarf plant, viridescent and slim leaf, and small bulb only with one clove. The plant from this clove maintained the characteristic of mother plant.
- I : Spreading top, wide, thick and viridescent blade with greenish streak, thick and short sheath, large bulb with 6 substantial cloves, and thick, solid and milk-white tunic of bulb. 6 plants from these cloves did not show segregation.
- J : Waxless and lustrous leaf and small bulb with orthostichous arrangement of cloves. This plant was a chimera with waxless and normal sectors. 6 plants from these cloves segregated into 3 non-chimeral dwarf plants with waxless and lustrous leaves and 3 plants with normal leaves.
- K : Dwarf top, viridescent blade, short sheath, small bulb with 8 cloves, red tunic of bulb and red protective leaf of clove. 8 plants from these cloves did not show segregation.
- L. Leaves of 3 mutant garlic plants, showing typical chlorophyll mutations: albino (left), viridis (center), and sectorial chimera with leaves composed of different colors of half blades, green and viridescent (right). Left and center plants did not form bulbs. Right plant formed a small bulb with 6 cloves. 6 plants from these cloves segregated into 2 green and 4 viridescent plants.