

[報文]

放射線照射によるニンニクの萌芽発根抑制効果

小林泰彦^{1,3)}, 菊地正博¹⁾, 等々力節子²⁾, 齊藤希巳江²⁾, 桂 洋子²⁾,
亀谷宏美²⁾, 市川まりこ³⁾, 飯塚友子³⁾, 千葉悦子³⁾, 鶴飼光子⁴⁾

¹⁾ 独立行政法人日本原子力研究開発機構・量子ビーム応用研究部門 (〒 370-1292 群馬県高崎市綿貫町 1233)

²⁾ 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 食品総合研究所 (〒 305-8642 茨城県つくば市観音台 2-1-12)

³⁾ 食のコミュニケーション円卓会議

⁴⁾ 北海道教育大学大学院教育研究科 (〒 040-8567 北海道函館市八幡町 1-2)

Sprouting and Rooting Inhibition of Garlic with Co-60 γ -rays

Kobayashi Yasuhiko^{1,3)}, Kikuchi Masahiro¹⁾, Todoriki Setsuko²⁾, Saito Kimie²⁾, Katsura Yoko²⁾,
Kameya Hiromi²⁾, Ichikawa Mariko³⁾, Iizuka Tomoko³⁾, Chiba Etsuko³⁾ and Ukai Mitsuko⁴⁾

¹⁾ *Japan Atomic Energy Agency, 1233 Watanuki-machi, Takasaki, Gunma 370-1292 Japan*

²⁾ *National Food Research Institute, NARO, 2-1-12 Kannondai, Tsukuba, Ibaraki 305-8642 Japan*

³⁾ *Roundtable for Food Communication*

⁴⁾ *Hokkaido University of Education, 1-2 Hachiman-cho, Hakodate, Hokkaido 040-8567 Japan*

Summary

Effect of gamma-irradiation on sprouting and rooting of garlic was investigated. Sprouting and rooting of garlic were inhibited by irradiation of bulbs at 2 months after harvest with doses more than 30 Gy. Four weeks-later irradiation requires higher doses to complete sprouting/rooting inhibition.

Key words: food irradiation, sprouting/rooting inhibition, garlic

はじめに

国産ニンニクの約8割を生産する青森県では、7月上旬に収穫したニンニクを周年供給するため、乾燥後に貯蔵して徐々に出荷している¹⁾。常温で貯蔵したニンニクは、収穫後4ヶ月程度で萌芽や発根が起り、商品価値が失われるため、それを防ぐために従来はマレイン酸ヒドロジド剤を利用していた。しかし、2002年にこの植物生長調整剤の農薬登録が抹消されたことから、薬剤に依存しない新たな周年供給方法の開発が求められた。試行錯誤の結果、現在は零下2℃でのCA貯蔵(酸素濃度を3%以下

に保つ雰囲気制御貯蔵)と出荷直前的高温処理(38℃～48℃で6～8時間加熱)の組み合わせが行われているが、透明化や変色、りん片表面が陥没するくぼみ症など、品質を低下させる障害の発生や萌芽抑制効果の不安定性などの問題があり、改良のための研究が続けられている^{2),3)}。もし、ジャガイモの芽止め処理で確立されている照射芽止め技術がニンニクにも適用できれば、長期間の冷蔵倉庫での低温貯蔵・CA貯蔵や高温処理が不要になるだけでなく、現在よりも高品質のニンニクを周年供給できるようになるかもしれない。

放射線照射によってニンニクの萌芽を完全に抑制

するには、収穫後間もない休眠期に照射することが必要とされている。そのとき芽止めに必要な線量も、収穫してから照射されるまでの期間によって異なり、短期間のうちに照射すれば20～70 Gy、期間が長い場合は100～150 Gyで芽止めが可能だといわれている⁴⁾。現在青森県で栽培されているニンニクの優良品種を対象に、異なる時期に異なる線量で照射し、萌芽と発根の抑制効果を検討した結果を報告する。

実験方法

2009年6月下旬に収穫し、35～38℃の温風で約3週間強制乾燥し、茎切り・皮むきの後に選別され1 kg (りん茎11～13個) ずつネット詰めされた青森県産ニンニク(福地ホワイト, A級, Lサイズ) 約35 kgを、芽止めのための零下2℃でのCA貯蔵や高温処理を行う前に入手し、室温で保管した。ネット入りのニンニク試料を、早い時期に照射する群と、その1ヶ月後に照射する群に分け、前者は9月1日に、後者は9月29日に、原子力機構・高崎量子応用研究所のCo-60線源を用いて線量率2 Gy/minで20, 30, 50, 70, 100, 150 Gyのγ線を室温で照射した。

照射後のニンニク試料を農研機構・食品総合研究所に運び、翌年4月まで室温で保管し、その一部を用いて2月24日と3月24日の2回にわたって萌芽と発根の状態を観察した。非照射および各照射群のニンニクのりん茎を、りん片の数がそれぞれ100片を上回るまで丁寧に剥き、各りん片の芽と根の長さをノギスで測定した。

一方、9月1日に照射したニンニク試料の一部を、同日、一般家庭3軒に持ち帰り、それぞれの家庭の玄関や居間に置き、室温で保管して萌芽と発根の状態を継続的に観察した。さらに、4月上旬に全てのりん茎を剥いて非照射および各線量区のニンニクのりん片の芽と根の長さを測定した。

実験結果および考察

収穫から約9ヶ月後、2009年9月1日の最初の照射から約7ヶ月経過した2010年3月24日に、非照射および各照射群のニンニクのりん茎を剥き、りん片の芽の長さを測定した結果をTable 1に示す。Table 1のデータをもとに、芽の長さが3mm未満、

3 mm以上10 mm未満、10 mm以上の3段階に区分した頻度分布グラフをFig. 1及びFig. 2に示す。

わずかでも萌芽したりん片(芽の長さが3 mm以上)の割合(以後、萌芽率)は、非照射区では80%を越えたのに対し、9月1日照射群の萌芽率は20 Gyで36%, 30 Gyで38%, 50 Gyで37%, 70 Gyで26%, 100 Gyで24%, 150 Gyで29%であった。芽の長さが10 mm以上のりん片の割合は、非照射区の16%に対し、20 Gyで3%, 30 Gy以上ではほとんどゼロだった(Fig. 1)。

照射の時期をさらに4週間遅らせた9月29日照射群の萌芽率は、20 Gyで46%, 30 Gyで41%, 50 Gyで39%, 70 Gyで57%, 100 Gyで34%, 150 Gyで36%であった。芽の長さが10 mm以上のりん片の割合は、30 Gyで1%, 70 Gyで3%の他は皆無であった。以上の結果から、芽の伸長を完全に(観察時に芽の長さが3 mm以下に)抑制できる割合は、照射の時期が4週間遅れたことによって低下したが、いずれの時期でも10 mm以上の萌芽は30 Gy以上の照射でほぼ完全に抑制できることが分かった(Fig. 2)。

一方、発根については、根の長さが2 mm以上のりん片の割合は非照射区では77%であったが、9月1日照射群では20Gy以上の全ての線量で0%となった(Fig. 3)。9月29日照射群では線量に依存せず数%～10%となったが、長く伸びたものはなく、発根はほぼ完全に抑制されたと考えられた(Fig. 4)。収穫から約8ヶ月後、2009年9月1日の最初の照射から約6ヶ月経過した2月24日に芽と根の長さを計測したりん片の一部の写真をFig. 5に示す。

9月1日に照射した後、一般家庭3ヶ所にて室温で保管して観察した試料(Fig. 6～8)でも、萌芽と発根の双方について、同様の結果が得られた。3家庭で各線量区ごとに計70～80個のりん片の芽と根の長さを測定し、得られた値を平均した頻度分布をFig. 9とFig. 10に示す。それぞれの家庭での非照射区の萌芽率はそれぞれ97%, 75%, 92%となり、30 Gy照射区の萌芽率は50%, 33%, 61%という具合に互いに異なっていたが、それぞれの家庭で保管した試料の各照射区の萌芽率に線量依存性が見られたことから、この違いは保管場所の温度環境による影響と考えられた。

Table 1 Effect of dose and timing of γ -irradiation on sprouting of garlic bulbs 9 months after harvest.

| Sprout growth (mm, measured on March 24th, 2010) | Number of scales (non-irra- diated) | Number of scales (irradiated on Sept. 1st, 2009: 2 months after harvest) | | | | | | Number of scales (irradiated on Sept. 29th, 2009: 3 months after harvest) | | | | | |
|---|--|--|-------|-------|-------|--------|--------|---|-------|-------|-------|--------|--------|
| | | 20 Gy | 30 Gy | 50 Gy | 70 Gy | 100 Gy | 150 Gy | 20 Gy | 30 Gy | 50 Gy | 70 Gy | 100 Gy | 150 Gy |
| | | < 3 mm | 31 | 67 | 64 | 66 | 78 | 97 | 74 | 63 | 63 | 64 | 47 |
| 3.0 ~ 4.0 | 8 | 9 | 6 | 8 | 6 | 6 | 4 | 5 | 4 | 7 | 16 | 11 | 9 |
| 4.0 ~ 5.0 | 14 | 10 | 16 | 10 | 9 | 12 | 12 | 17 | 14 | 16 | 10 | 4 | 8 |
| 5.0 ~ 6.0 | 19 | 7 | 5 | 7 | 7 | 4 | 9 | 18 | 12 | 9 | 17 | 5 | 9 |
| 6.0 ~ 7.0 | 16 | 4 | 6 | 8 | 5 | 5 | 2 | 6 | 10 | 5 | 3 | 5 | 5 |
| 7.0 ~ 8.0 | 13 | 2 | 3 | 2 | 0 | 3 | 2 | 4 | 1 | 2 | 8 | 4 | 5 |
| 8.0 ~ 9.0 | 20 | 0 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2 |
| 9.0 ~ 10.0 | 10 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| 10.0 ~ 11.0 | 8 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 11.0 ~ 12.0 | 4 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12.0 ~ 13.0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13.0 ~ 14.0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 0 |
| 14.0 ~ 15.0 | 3 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 15.0 ~ 16.0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 16.0 ~ 17.0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17.0 ~ 18.0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18.0 ~ 19.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 19.0 ~ 20.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20.0 ~ 21.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 21.0 ~ 22.0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22.0 ~ 23.0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 23.0 mm < | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 156 | 105 | 103 | 104 | 105 | 128 | 104 | 117 | 106 | 105 | 109 | 100 | 107 |

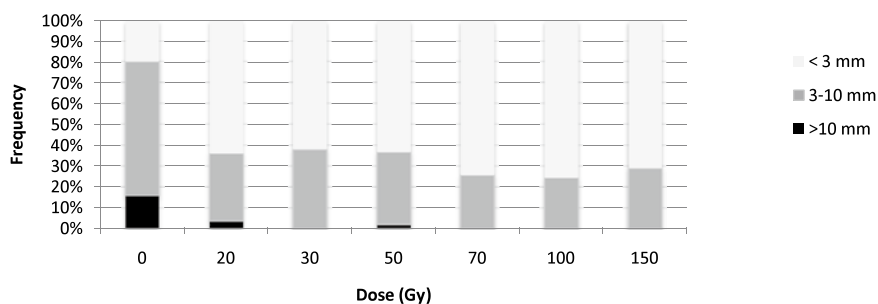


Fig. 1 Sprouting inhibition of garlic irradiated with ^{60}Co γ -rays 2 months after harvest. Bulbs were irradiated on Sept. 1st 2009 and then stored at natural temperature until March 24th 2010. Frequencies were converted from the ratio of the number of scales shown in Table 1.

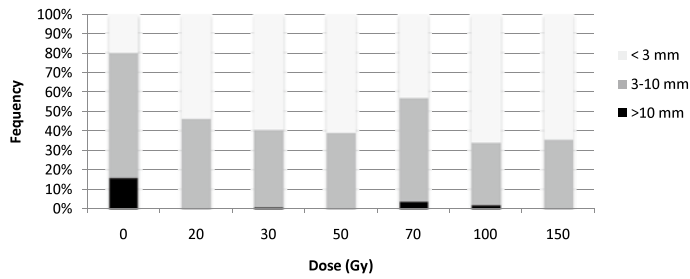


Fig. 2 Sprouting inhibition of garlic irradiated 3 months after harvest. Bulbs were irradiated on Sept. 29th 2009 and then stored at natural temperature until March 24th 2010. Frequencies were converted in the same way as Fig. 1.

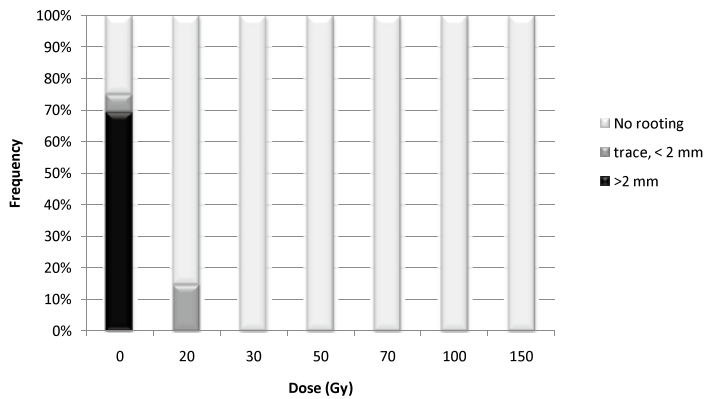


Fig. 3 Rooting inhibition of garlic irradiated 2 months after harvest. Bulbs were irradiated on Sept. 1st 2009 and then stored at natural temperature until Feb. 24th 2010. Frequencies were converted from the ratio of the number of scales (data not shown; about 30-40 scales at every dose).

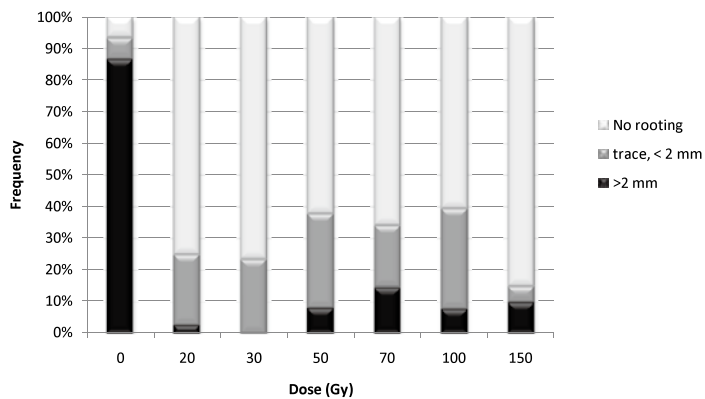


Fig. 4 Rooting inhibition of garlic irradiated 3 months after harvest. Bulbs were irradiated on Sept. 29th 2009 and then stored at natural temperature until Feb. 24th 2010. Frequencies were converted in the same way as Fig. 3.

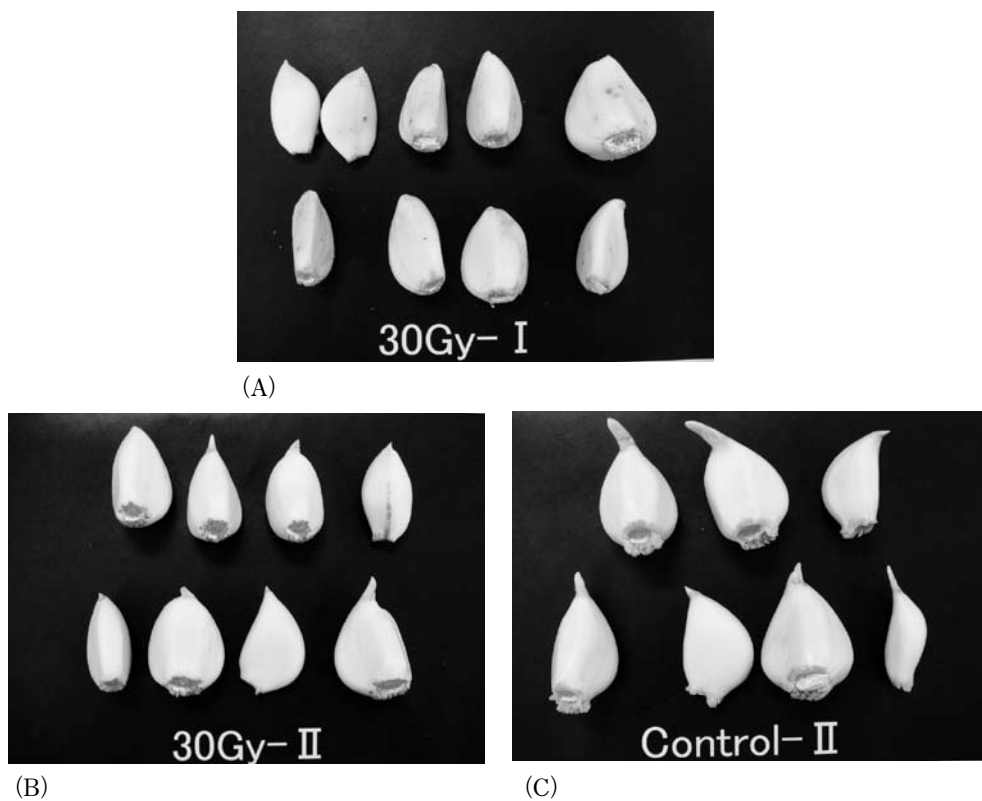


Fig. 5 Sprouting/rooting inhibitory effect of irradiation of garlic bulbs observed 8 months after harvest. (A): Scales irradiated with 30 Gy 2 months after harvest, (B): Scales irradiated with 30 Gy 3 months after harvest, (C): non-irradiated control.



Fig. 6 Garlic bulbs irradiated 2 months after harvest and stored at one of the three homes at room temperature for 7 months until April 4th 2010.



(A)



(B)



(C)

Fig. 7 Rooting inhibition of garlic bulbs irradiated 2 months after harvest and then stored at one of the three homes at room temperature for 7 months until April 4th 2010. (A): non-irradiated control, (B): irradiated with 20 Gy, (C): irradiated with 70 Gy.

まとめ

収穫から約2ヶ月後の青森県産ニンニクに30 Gy以上の γ 線を照射することによってほぼ完全に萌芽と発根を抑制できることが分かった。現在行われている低温倉庫でのCA貯蔵と高温処理の組合せよりも、低コストでニンニクの品質保持と周年供給が可能になるかもしれない。照射時期が1ヶ月遅くなると萌芽抑制の効果は若干低下した。照射後の貯蔵温度による影響も考えられる。我が国で照射によるニンニク芽止め処理を実用化するには、生産地での収穫から出荷までの貯蔵環境を模擬しつつ、現在行われている周年供給のための長期貯蔵法と、品質及び

コストの両面で比較検討する必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、文部科学省原子力基礎基盤戦略研究イニシアティブにより実施された「実用化が予想される食品への放射線利用に関する基礎研究」の成果である。

参考文献

- 1) 山崎博子. 薬剤に依存しないニンニクの品質保持法の開発. *農流技研会報*. No.272, p. 13-15 (2007).
- 2) 山崎博子ほか. 高温処理によるニンニクの萌芽

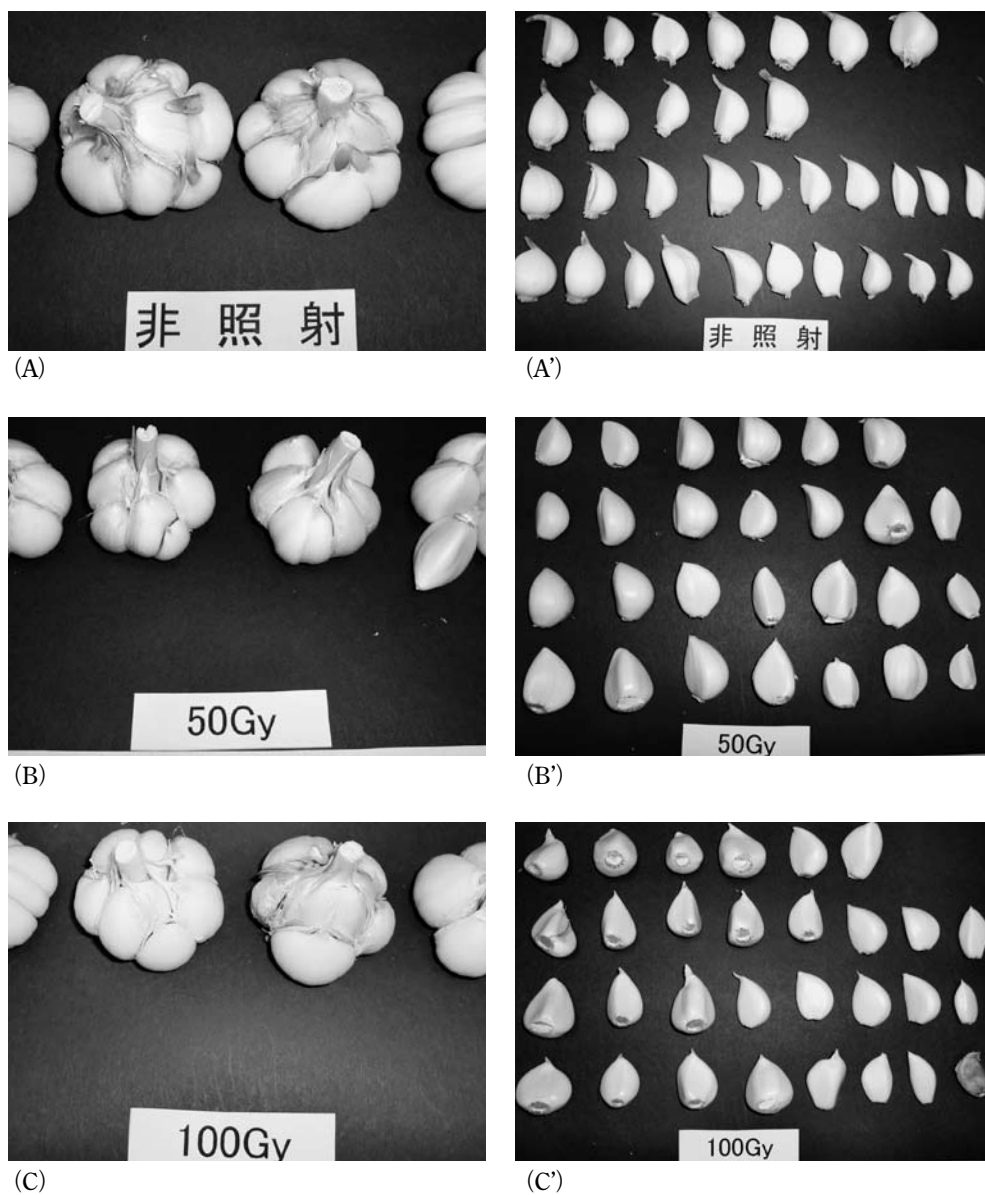


Fig. 8 Sprouting inhibition of garlic bulbs irradiated 2 months after harvest and then stored at one of the three homes at room temperature for 7 months until April 4th 2010. (A, A'): non-irradiated control, (B, B'): irradiated with 50 Gy, (C, C'): irradiated with 100 Gy.

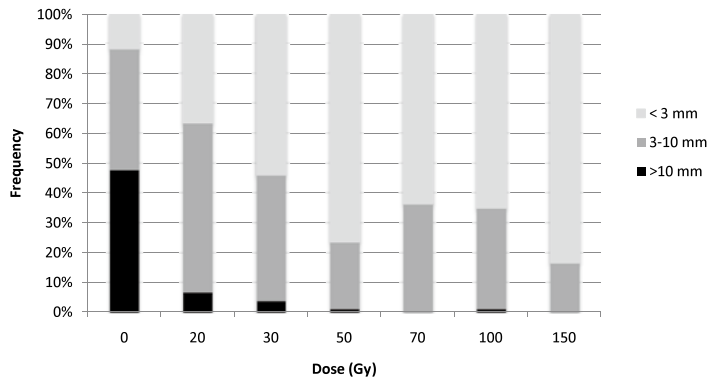


Fig. 9 Sprouting inhibition of garlic irradiated 2 months after harvest and stored at three homes at room temperature for 7 months until April 4th 2010. Frequencies were converted from the ratio of the number of scales (data not shown; about 70-80 scales at every dose).

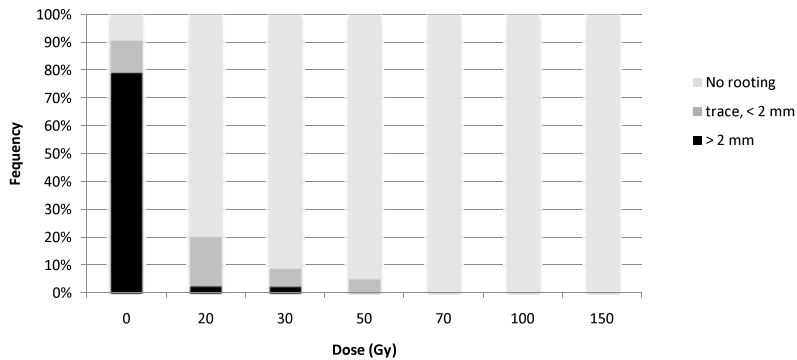


Fig. 10 Rooting inhibition of garlic irradiated 2 months after harvest and stored at three homes at room temperature for 7 months until April 4th 2010. Frequencies were converted in the same way as Fig. 9.

- 発根抑制効果における温度感受性. *東北農業研究*. **60**, p. 211-212 (2007).
- 3) 山崎博子ほか. ニンニくりん茎の自発休眠, 他発休眠および呼吸速度に及ぼす収穫後温度の影響. *東北農研研報*. **111**, p. 17-27 (2010).

- 4) ICGFI: Irradiation of bulbs and tuber crops. IAEA-TECDOC-937, International Atomic Energy Agency, Wien, pp101 (1997).

(2010年7月31日受理)