放射線照射ジャガイモのかっ変現象に関する研究

(第1報) かっ変の形態学的観察ならびに照射時期, 低温処理,
ポリエチレン包装とかっ変発生との関係

緒方 邦安*・辰巳 保夫*・茶 珍 和 雄*

Studies on the Browning of Potato Tubers by Gamma Radiation

Part 1. Histological observation and the effects of the time of irradiation
after harvest, low temperature and polyethylene packaging

KUNIYASU OGATA, YASUO TATSUMI and KAZUO CHACHIN

The relations between the browning of potato tubers caused by gamma radiation and the time of irradiation after harvest or maturity of the tubers at harvest were referred. The effects of polyethylene package and low temperature on the browning were also discussed. Potato tubers were irradiated with the doses of 5~40 Krad and stored at room temperature.

The browning induced by radiation was partially observed around the vascular bundle of the tubers and the death of the cells was occurred. It was enhanced from 3 to 7 days after irradiation. The partial browning occurred in the tubers irradiated with the doses of 10~40 Krad one month after harvest. However, when the tubers were irradiated 2 months after harvest, little browning was observed with the doses of 10 and 20 Krad, but at 40 Krad still became brown. The browning may be enhanced more in immature tubers (small tubers) than in mature ones (large ones). The polyethylene packing during irradiation and the following several days may reduce the browning. The treatment of low temperature (5~7°C) after irradiation may also suppress the development of the browning.

(Received April 6, 1970)

果実, そ菜の貯蔵に対する放射線利用分野のひとつとしてジャガイモ¹⁾²⁾やタマネギ²⁾³⁾の発芽抑制があげられ, その利用性は非常に高く, すでにアメリカ, ソ連などでは実用化されている。わが国においてもその実用化が期待されるものである。

ジャガイモの発芽抑制に必要な線量は10Krad前後の比較的低線量で十分ことが知られているが, 最近この発芽抑制の線量範囲内での照射によってかっ変が生じることが問題になっている⁴⁾⁵⁾。このようなかっ変は品種, 栽培条件, 熟度, 照射時期の相違によって生じられるが, いずれにしても, 商品価値を低下させ, 今後, 企業的に発芽抑制を試みる場合, 非常に大きな問題にな

ると思われる。

本実験は低線量域での照射ジャガイモのかっ変発生状態, かっ変発生率と照射時期, さらに, 同一収穫時におけるイモの大小 (イモの熟度), ポリエチレン包装処理ならびに低温処理との関係について観察をしたものである。

実 験 方 法

1. 供 試 材 料

材料は堺市産水田裏作ジャガイモ“男爵”(1969年6月15日収穫)と, 小諸産畑作ジャガイモ“男爵”(1969年8月17日収穫)を用いた。堺市産ジャガイモは収穫

* 大阪府立大学農学部園芸利用研究室 (大阪府堺市百舌鳥梅町 4-804)

Laboratory of Processing and Physiology of Horticulture Products, College of Agriculture, University of Osaka Prefecture. Sakai, Osaka.

後1日(第1回), 2週間(第2回), 1か月(第3回), 2か月(第4回), 3か月(第5回)に分け, また, 小諸産ジャガイモは収穫後3週間, 2か月半に分けて照射した。

2. 照射方法

照射は大阪府立放射線中央研究所の $\text{Co } 60\gamma$ 線照射装置を用いた。ジャガイモはポリエチレンカゴに入れ, ポリエチレン包装区はバックした状態でポリエチレンカゴに入れ両面より $3 \times 10^4 \text{ rad/h}$ の線量率で $5 \sim 40 \text{ Krad}$ を照射した。貯蔵はおもに室温下とし, 一部は低温下 ($5 \sim 7^\circ\text{C}$) に置いた。

3. 形態的变化の観察

かっ変部分を含む維管束周辺組織を $10 \times 10 \times 5 \text{ mm}$ の切片にし, 凍結ミクロトームで約 500μ の厚さにして顕微鏡で観察した。染色剤はルテリウムレッド, ファーストグリーンを用いた。

実験結果

1. かっ変発生とその部位

収穫当初のジャガイモに $5 \sim 40 \text{ Krad}$ の線量を照射し(第1回照射), かっ変発生時期とその部位の観察を行ったところ, 照射直後にはかっ変は発生していないが, 照射後1日には 20 および 40 Krad 区のイモにかっ変しているものが認められた。2, 3 日後になると, かっ変発生率も高くなり, かっ変度も強くなる。また, 5 および 10 Krad の低線量区でも, かっ変の発生が認められる。このかっ変は第1図のように, まず stem end に近い維管束末部と芽基部に認められ, かっ変が進行すると皮層部にも認められるようになる。柔組織部では一般にか

Fig. 1. Longitudinal section of potatoes which were irradiated one day after harvest. Photographed on the third day after irradiation.

Fig. 2. Browning areas in longitudinal section, $\times 50$.

っ変部はみられないが, 未熟な小イモや, 40 Krad 区では柔組織部にもかっ変の発生するものがあった。

かっ変部の顕微鏡的観察は小諸産ジャガイモについて行なったが, 部分的に維管束末部周辺の細胞にかっ変物質が沈着していることが認められた(第2図)。また, 導管にもかっ変しているものがあった。染色液を用いて染色してみると, ルテリウムレッドではかっ変部分付近は染色されにくく, 逆にファーストグリーンでは染色されやすかった。

2. かっ変発生率と照射時期

前述のようなかっ変状態から第3図のようなかっ変規準を設け, 経時的にかっ変度を観察した。

第1回照射について, かっ変発生の状態をみると第4図のように照射区で明らかにかっ変が発生し, しかも発芽抑制の適正線量の 10 Krad でも相当のかっ変がみられることがわかった。また, 照射線量が高くなるに従って, かっ変発生率も高くなり, その程度も強くなった。

Fig. 3. Index and scores of the browning.

0 None	Non-indication of browning.
1 Very trace	Begining of browning, not apparently.
2 Trace	Begining of browning.
3 Slight	Browning in localized areas.
4 Medium	Browning more widely distributed around the vascular bundle.
5 Severe	Browning in an advanced stage, with severely colored areas around the vascular bundle.

Fig. 4. Browning of potatoes irradiated at one day after harvest with various doses. Potatoes were harvested in SAKAI on the 15th day of June.

Fig. 5. Browning of potatoes irradiated at various time after harvest were compared on the two weeks after irradiation. Potatoes were harvested in SAKAI on the 15th day of June.

貯蔵中の変化をみると、かっ変は照射後3日から7日にかけて急速に進行し、その後は緩慢であった。第2, 3回照射においても同様な傾向がみられた。

かっ変発生と照射時期との関係を照射後15日において示すと第5図のように、第1, 2および3回照射では照射区はともにかっ変が発生し、その程度は線量に従って強くなっている。しかし、第4回照射(収穫後2か月)では、かっ変発生は明らかに小さく、前3回に比較して減少していた。第5回照射(収穫後3か月)においても第4回照射と同様にかっ変発生はほとんどみられなかった。しかし、この時期のジャガイモは発芽しはじめていた。

小諸産ジャガイモについては、照射後30日にイモを切断し観察したところ、10 Kradではかっ変はほとんど発生しないが、それ以上の線量になると発生は多くなる。しかし、堺市産と比較するとその発生も少なく、かっ変の程度も低いことがわかった。また、照射時期との間には明らかな差はみられなかった(第6図)。

Fig. 6. Browning of potatoes irradiated at 3 and 10 weeks after harvest were compared on the 30 days after irradiation. Potatoes were harvested in KOMORO on the 17th day of August.

3. 熟度との関係

照射ジャガイモのかっ変発生と熟度との関係をみるため、同時期に収穫したジャガイモを便宜上大型(1個重量当り約250g)、中型(約100g)および小型(約50g)に分け、収穫後1日に10 Kradを照射し、かっ変発生状態の相違を調べた。結果は第7図に示されるように照射後3日において、小型イモではかっ変発生率は高く、約50%以上が明らかにかっ変し、全体にかっ変していたものが約20%あった。しかし、中および大型イモではかっ変が少なかった。照射後7日では、小型イモはすべてかっ変し、その程度も非常に強い。中および大型イモでもかっ変は進行するが、かっ変率およびかっ変度は小型イモに比較すると低く、とくに大型イモでは低かった。

4. ポリエチレン包装および低温処理効果

照射によるかっ変発生に対する抑制的手段を調べる目

Fig. 7. Browning of potatoes of different maturities irradiated at one day after harvest were compared on 3 and 7 days after irradiation. Potatoes were harvested in SAKAI, on the 15th day of June.

A: 3 days after irradiation
B: 7 days after irradiation

Fig. 8. Effects of polyethylene packing and low temperature treatment on the browning of irradiated potatoes. Potatoes of Poly-treatment were packed with polyethylene bag (0.03 mm in thickness) before irradiation and then stored at room temperature after irradiation. Potatoes of Low temp-treatment were held at 5~7°C after irradiation. Potatoes used here were harvested on the 15th day of June in SAKAI and irradiated at one day after harvest. Browning was compared at 3 days after irradiation.

Poly: Polyethylene package.

Low temp.: Low temperature storage.

的で、照射前にポリエチレン包装 (厚さ 0.03 mm) した区と照射直後に低温処理を行なう区を設け、これらの効果のかっ変度から比較した。第8図は収穫後1日に照射したイモについてみたもので、照射後3日で、いずれの処理においても、かっ変に対する抑制的効果が認められた。さらに収穫後15日照射イモについて、ポリエチレン包装の効果を調べた。10 Krad では無包装区と包装区

Fig. 9. Browning of potatoes which were packed with polyethylene bag (0.03 mm in thickness) before irradiation and then irradiated. Potatoes used here were harvest in SAKAI on the 15th day of June and irradiated at 15 days after harvest. Browning was compared at one week after irradiation.

との間に大差はないが、20 Krad 区ではポリエチレン包装によるかっ変抑制効果が認められた(第9図)。ちなみにポリエチレン包装内のガス組成を測定すると、 O_2 : 16%, CO_2 : 2.5%, N_2 : 81.5% であった。

考 察

以上の結果から、まず第1にかっ変発生部位は一般的にはある程度限られた部分、すなわち維管束およびその周辺細胞がおもであるが、かなり未熟なイモでは柔組織部にも明らかにかっ変部が現われる。このことはジャガイモ塊茎でも、分裂または肥大する細胞が、照射によって損傷し、かっ変物質が細胞膜に沈着すると同時に細胞の死滅をまねくものと思われる。

非照射区と照射区との間に染色剤による染色度に多少違いがあることが認められ、照射ジャガイモの細胞膜や中間層が変化していると考えられる。ルテリウムレッドの染色では照射区のかっ変部位では、非照射区のジャガイモの細胞に比べ染色されにくく、ペクチン物質が減少していることが推察され、また、ファーストグリーンでの維管束染色が照射区で明らかに染色がよいことから、維管束部がよりセルロース化されたのではないかと考えられる。かっ変発生率は照射線量が高くなるに従って高く、またかっ変度は強くなり、照射後3から7日間に急速に進行し、その後は緩慢になる。

つぎにかっ変発生と照射時期との関係についてみると、第4図から明らかのように堺市産ジャガイモでは収穫直後から1か月の間の照射でかっ変が発生し、その程

度も強く現われるが、収穫後2か月の照射ではかっ変発生は非常に少ない。筆者らは以前に放射線照射によるジャガイモの発芽抑制は収穫後なるべく早く、いわゆる休眠期に行なうほうが効果があると報告⁶⁾したが、このようなかっ変発生現象を考慮すると、収穫直後の早期の照射は、品質保持の点からさけるべきと思われる。かっ変発生を減少させ、しかも発芽抑制効果を高めるためには、少なくとも収穫後1か月から2か月位に照射するのが適当と思われる。

また、小諸産ジャガイモにおいては、10 Krad ではほとんどかっ変発生はみられず、かっ変の発生した20 Krad と40 Krad についてみると、照射時期とかっ変発生との間には堺市産ジャガイモ（春イモ）のような顕著な関係はみられなかったが、小諸産ジャガイモ（秋イモ）も収穫後あまり早い時期に照射することは望ましくないと思われる。堺市産と小諸産のように栽培地によりかっ変発生状態が異なることから、今後、栽培地別のかっ変発生状態を検討する必要がある。

第3に熟度との関係は果実類で研究され、未熟なもののほうが放射線に対する感受性が高いことが知られており⁶⁾、この点ジャガイモも同様で、未熟なもののほどかっ変しやすいことになるのであろう。実際には堺市産ジャガイモについてみると放射線貯蔵用のものは成熟したものをを用い、収穫後2か月ごろに照射するのがもっとも望ましいと思われる。なお照射ジャガイモのかっ変はポリエチレン包装と低温処理によってある程度抑制されるようなので、これらの手段については実用的な問題とあわせ考え、今後十分検討すべきであろう。

摘 要

(1) 低線量域での γ 線照射 (5~40 Krad) に伴うジ

ャガイモ塊茎（堺市産、小諸産）のかっ変現象を明らかにするために行なったもので、とくに組織学的観察、照射時期や塊茎の熟度とかっ変発生との関係、またポリエチレン包装や低温処理がかっ変発生におよぼす影響について観察した。

(2) 発芽抑制範囲内での照射でもジャガイモ塊茎にかっ変が発生することが認められ、その発生部位は維管束部周辺に部分的にみられた。かっ変の発生は一般に照射線量が高くなると増大し、照射後3から7日間に急激に進行した。

(3) かっ変の発生は収穫後1か月以内では、早期に照射するほど増大する傾向が認められた。しかし、収穫後2か月後では10 Krad ではほとんどかっ変はみられず、20 Krad や40 Krad 区でもその発生は減少した。収穫時における塊茎の大、小型をもって、熟度によるかっ変発生の相違について調べた結果、未熟な塊茎ほどかっ変発生が多いことが認められた。

(4) ポリエチレン包装し照射することにより、また照射後直ちに低温処理することにより、かっ変の発生を軽減させることができるようであった。

文 献

- 1) BROWNELL, L. E., et al.: *Food Technol.*, **11**, 306 (1957).
- 2) OGATA, K., IWATA, T. and CHACHIN K.: *Bull. Inst. Chem. Res. Kyoto Uni.*, **37**, 425 (1959).
- 3) 緒方邦安・岩田 隆・茶珍和雄: 園学雑, **28**, 143 (1959).
- 4) 小川正巳・瓜谷郁三: 日本食品照射研究協議会研究発表講演要旨, p. 11 (1969).
- 5) 緒方邦安・茶珍和雄・辰巳保夫: 日本食品照射研究協議会研究発表講演要旨, p. 12 (1969).
- 6) 緒方邦安・茶珍和雄: 食品工誌, **16**, 169 (1969). (1970年4月6日受理)