

平成 30 年 5 月 21 日現在

機関番号：14101

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K14852

研究課題名(和文)ダイコン青変症の発症機構の解明とその抑制法に関する研究

研究課題名(英文)Chemical mechanism underlying internal blue discoloration of daikon roots and suppression of the discoloration onset

研究代表者

寺西 克倫 (TERANISHI, KATSUNORI)

三重大学・生物資源学研究所・教授

研究者番号：20237001

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：ダイコンの根の収穫後の保存において、根内部が青くなる現象(青変症)があり、購入者から返品や苦情が寄せられる問題がある。本研究では、この青変症を抑制し安定したダイコンの生産・供給を目指し、青変症の化学的発症機構の解明とその機構を基にした青変症の発症抑制法を見出す。本課題研究において、青変症の発症は特定の物質が過剰な酸化ストレスにより酸化され青色物質に変化する機構であることを見出した。青変症は同一品種においても栽培環境によって発症度が異なることは知られており、本研究において栽培の条件により、発症にかかわる特定の物質の生合成量と酸化ストレスを低減させる抗酸化成分の含有量が影響を受けることを見出した。

研究成果の概要(英文)：Internal blue discoloration is observed in daikon roots on a few days after harvest and poses a significant problem to farmers in recent years. To circumvent the blue discoloration, we studied on the chemical mechanisms underlying the discoloration and methods for the suppression of the discoloration onset. We discovered that 4-hydroxyglucobrassicin is only precursor to the blue components in daikon roots and immediately offers blue components by oxidation reaction under the extreme oxidative stress. Moreover, it was clarified that cultivation conditions influence the amounts of 4-hydroxyglucobrassicin, anti-oxidative compounds, which reduce the oxidative stress.

研究分野：生物有機化学

キーワード：青変症 ダイコン 生理現象 野菜

1. 研究開始当初の背景

ダイコンは味、容姿、生産効率、耐病性等の観点から品種改良がおこなわれ続けられている。近年、これらの観点がすぐれた品種において青変症とよばれる生理障害が発生しやすいことが確認され、品種改良の際に青変症に関わる遺伝的因子がうけつがれていると考えられる。青変症とは、収穫時には根内に異常はなく、保蔵中に根内に青色物質が産生する生理障害である(図1)。この障害は消費者が調理する際にはじめて確認され、一般消費者や加工業者には異様な状態と受け止められ、クレームや返品が生じ生産現場や販売店において問題となっている。

これまで青変症の青色物質は「植物の青色色素」といった非科学的な考えから、植物に一般に存在するアントシアニン系成分であると考えられてきた。しかし、永田らは2012年園芸学会東海支部会において、青色物質はアントシアニン系成分ではないこと報告した。これにより白いダイコン根内に発生する異様な青色を呈する青変症の抑制が重要となった。

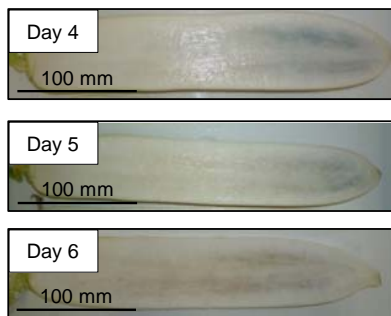


図1. 20°C保存における4,5日後の青変症

2. 研究の目的

本課題研究の目的は、青変症の分子機構の解明、発症リスク評価法の精度の改良、発症の抑制法の開発を行い、安定したダイコン根の供給を目指すものである。

3. 研究の方法

(1) 青色成分の前駆物質の解明

本研究者のこれまでの研究において、収穫

後の青変症が未発症のダイコン根の切片に1%過酸化水素水を添加するとすぐに青変化が生じ、5分から30分において青変化は定常状態となり(図2)、自然発症する青変症を人為的に簡便に発現させることを見出している。この方法を用いて、青変症の分子機構を理解するために、未発症のダイコン根から青変症を起こさせる成分の単離、化学構造の決定を行った。

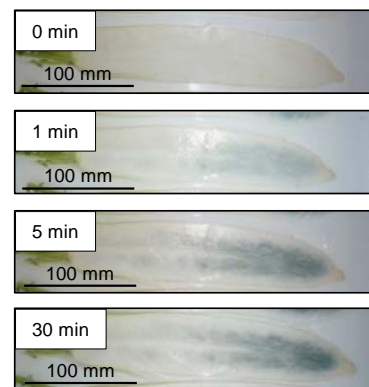


図2. 青変症が未発症のダイコン根に過酸化水素水を添加した際に青変化

(2) 青変症の分子機構の解明

青変症の発症は、青色色素前駆物質の酸化による青色成分の形成であると考えられた。また、品種間差、同品種における栽培条件間差が判明している。そこで、これらのことを踏まえ、同一条件で栽培された複数の品種、同一品種の異なった栽培条件によって生産されたダイコンに関し、青色成分の前駆体の含有量および抗酸化能力を分析し、青変化における因子の解析を行った。

(3) 青変症の発症リスク評価法の開発

青変症の発症は、同一品種であっても栽培条件(気候や土壌)によって異なる。このことは、栽培条件において青変症に関わる「(2) 青変症の分子機構の解明」で見出された因子の程度が異なることを意味する。従って、生産から流通において「品種」にのみ留意するのではなく「生産ロット」ごとの青

変症の発症を考慮する必要がある。先に記載した過酸化水素水による青変化現象は、過酸化水素濃度が1%と高く抗酸化成分も酸化され抗酸化成分による青変症の抑制効果を予測することはできなかった。生産ロット毎の青変症の発症リスクを精度よく調べるには抗酸化成分の効果を考慮した方法が必要である。本研究では、添加する過酸化水素の濃度が重要と考え、過酸化水素濃度の検討を行い、青変症の発症リスク評価法の改良を行った。

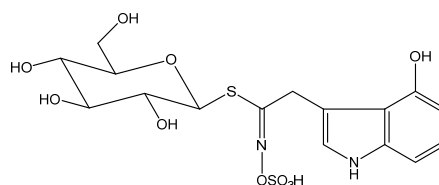
(4) 栽培条件と青変症の関連

同じ品種のダイコン、同じ年のダイコンの栽培においても、栽培時期や栽培場所によって青変症の発症が異なることが判明している。これらの事象は、栽培環境によって青変化の生理現象に関わる物質、すなわち青色物質の元になる物質、青色物質をつくる反応を促進させる促進因子および低減させる抑制因子が栽培時点で決定されると考えることができる。従って、栽培環境とこれらの発症因子との関係を理解することが青変症の抑制につながると期待できる。そこで栽培時の施肥、温度と青変症との関連を検討した。

4. 研究成果

(1) 青色成分の前駆物質の解明

青色成分の前駆物質は、アブラナ科植物の種子、根、スプラウトに含まれる4-ヒドロキシグルコブラシシンであることが判明した。4-ヒドロキシグルコブラシシンは、1982年に Truscott らによってキャベツ種子から見出され[1]、1982年、1989年に Truscott らによって酸化によって青色物質に変化することが報告されている[2,3]。しかし、植物内で青色物質に移行した例は、これまで報告されておらず、今回のダイコン根における青変症が初めての報告となる。



4-ヒドロキシグルコブラシシンの化学構造

今回の研究において4-ヒドロキシグルコブラシシンを化学合成し、ダイコンから得られた青色物質の前駆物質が4-ヒドロキシグルコブラシシンであると確実に特定した。これまで4-ヒドロキシグルコブラシシン自身の機器分析データは報告されておらず、また、化学合成もされておらず、今回の研究で4-ヒドロキシグルコブラシシンの人工供給も可能となり、今後の4-ヒドロキシグルコブラシシンの科学に寄与できるものと思われる。

(2) 青変症の分子機構の解明

青変症は、4-ヒドロキシグルコブラシシンが、根内の過剰な酸化ストレスによって酸化を受け青色物質に移行する現象であることが判明した。従って、青変症はダイコン根内の4-ヒドロキシグルコブラシシンの含有量、抗酸化能力および酸化ストレス度のバランスの崩れにより生じるものと結論付けた。たとえば、4-ヒドロキシグルコブラシシンの含有量が多く、酸化ストレス度が高い場合、抗酸化能成分が多く含有していれば、強い青変症にはならない。また、抗酸化能が同等である場合、4-ヒドロキシグルコブラシシンの含有量が多いほど青変化度は高い(図3)。

4-ヒドロキシグルコブラシシンは、それ自身が抗酸化物質であり、酸化ストレスを抑制する機能を有する物質であることから考えれば、植物生理学の見地からすれば植物において重要な役割を担っていると考えることができる。また、酸化ストレスにより4-ヒドロキシグルコブラシシンが青色物質に移行する現象は、4-ヒドロキシグルコブラシシンがリアルタイムの酸化ストレス指示物質と

して応用利用できる可能性がある。

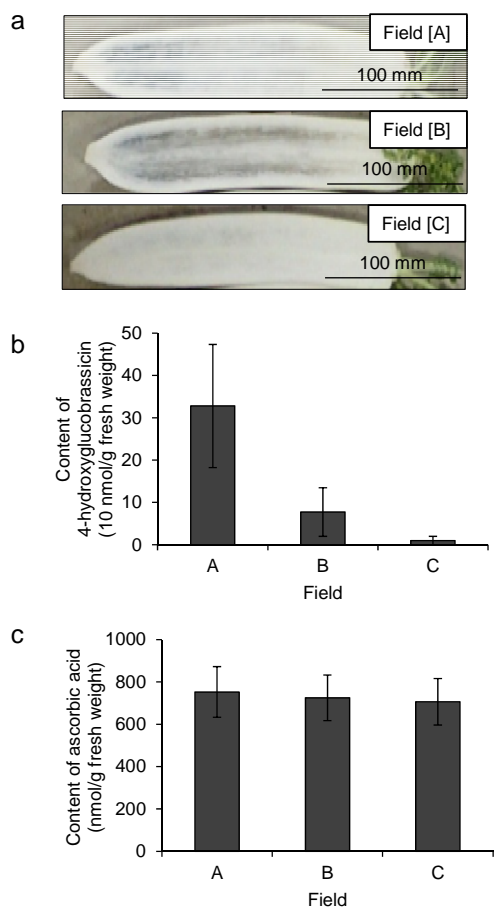


図3. 3か所で生産された同一品種のダイコン根内の4-ヒドロキシグルコブラシシン含有量と抗酸化能

(3) 青変症の発症リスク評価法の開発

未発症のダイコン根への過酸化水素水の添加は人為的な青変化を発現することができる。ダイコン根には、青変する4-ヒドロキシグルコブラシシンとともに多種の抗酸化成分が含まれ、添加した過剰な過酸化水素はこれらの抗酸化成分を酸化するため本来の青変症を反映しない。適量の過酸化水素の添加は、抗酸化成分を完全に酸化することなく4-ヒドロキシグルコブラシシンを酸化するものと考えられた。各種濃度の過酸化水素水による検討の結果、青変症の発症リスク評価には0.03%過酸化水素水の添加が適切と判断した。

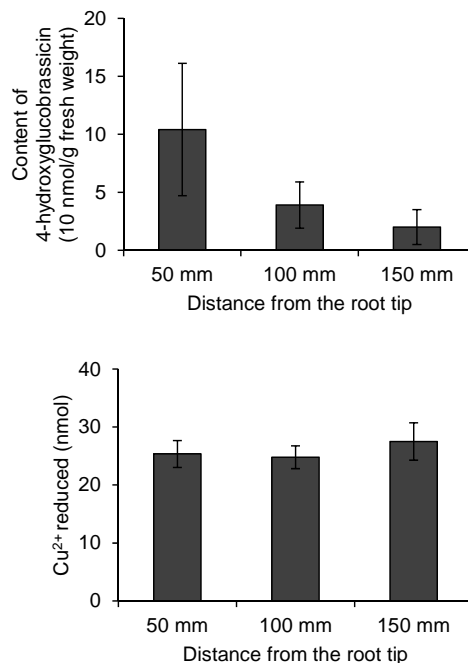


図4. 同一ダイコン根の3部位における4-ヒドロキシグルコブラシシン含有量と抗酸化能

(4) 栽培と青変症との関連

①施肥と青変症： 施肥料を3段階に設定し、施肥以外は同じ条件でオープンフィールドで栽培を行った結果、施肥量が多いと青変症の発症が高くなり、収穫時における青色物質の元になる物質の含量が施肥量に応じて多くなることが判明した。収穫時の抗酸化能力には差はなかった。

②栽培温度と青変症： 栽培温度が高い9月-10月での栽培と栽培温度が中程度の10月-11月での栽培、栽培温度が低い12月-1月の栽培を行った結果、栽培温度が高くなると青変症の発症が高くなることが判明し、収穫時の青色物質の元になる物質の含有量は、温度が高くなるほど多くなることが判明した。さらに栽培温度が低い方が根内の抗酸化能力が高くなることも判明した。

引用文献

[1] Truscott RJ, Burke DG, Minchinton IR (1982) The characterisation of a novel

hydroxyindole glucosinolate. *Biochem Biophys Res Commun* 107: 1258-1264.

- [2] Sang JP, Truscott RJW (1984) Liquid chromatographic determination of glucosinolate in rapeseed as desulfoglucosinolates. *J Assoc Off Anal Chem* 67: 829-833.
- [3] Truscott RJW, Manthey MK (1989) The oxidation of 4-hydroxyindole as a model system for the oxidation of 4-hydroxyl-3-methyl glucosinolate. *J Sci Food Agric* 47: 191-195.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 4 件）

- ① K. Teranishi, M. Nagata. Internal Blue Discoloration in Daikon, Japanese Radish (*Raphanus sativus* L.) Roots. *Agri Res & Tech: Open Access J.* **14**(2): 555915 (2018). DOI: 10.19080/ARTOAJ. (査読有)
- ② K. Teranishi, M. Nagata, Structure of a Precursor to the Blue Components Produced in the Blue Discoloration in Japanese Radish (*Raphanus sativus*) Roots, *J. Nat. Prod.*, **79**, 1381-1387 (2016). DOI: 10.1021/acs.jnatprod.6b00121. (査読有)
- ③ K. Teranishi, M. Nagata, D. Masuda, Mechanism underlying the onset of internal blue discoloration in Japanese radish (*Raphanus sativus*) roots, *J. Agric. Food Chem.*, **64**, 6745-6751 (2016). DOI: 10.1021/acs.jafc.6b02103. (査読有)
- ④ 永田雅靖、寺西克倫、種子を用いたダイコン青変症の発症リスク評価法、野菜茶業研究所報告 大 15 号、29-33 (2016) . (査読有)

〔産業財産権〕

○取得状況（計 1 件）

名称：ダイコン青変症の発症リスク評価剤お

よび評価キット、並びに評価方法

発明者：寺西 克倫、永田雅靖

権利者：国立大学法人三重大学、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構

種類：特許

番号：第 6172604 号

取得年月日：2017 年 7 月 14 日

出願日：2013 年 9 月 6 日

国内外の別：日本

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺西 克倫 (TERANISHI, Katsunori)

三重大学・生物資源学研究科・教授

研究者番号：20237001