

ダイコンの赤心症発生に及ぼす 植物生理活性物質の影響*

川合貴雄・飛川光治・藤沢敏寛・内藤恭典

Effects of Plant Physiologically Active Substances on Incidence
of Internal Browning of Root 'AKASHIN' in Japanese Radish

Takao KAWAI, Mitsuharu HIKAWA, Toshihiro FUJISAWA and Yasusuke NAITO

緒 言

著者らは、前にダイコンの赤心症は高温及び強日射期にダイコンが生育する6月播種の作型で発生が多く、低温期に生育する作型で発生が少ない⁶⁾こと、赤心症の発現程度と根部のポリフェノール含量との間に密接な関係がある⁶⁾ことを明らかにした。植物組織の褐変または黒変はフェノール化合物の酵素的酸化によって発生する^{2,12)}とされ、このフェノール化合物の増減にはジベレリンが関与すると推定されている^{8,12)}。そして、強日射や高温に遭うと内生ジベレリンは不活性化することが示唆されている^{8,18)}。また、フェノール化合物の一種であるアントシアニン色素はGA₃の散布によって発現が抑制され¹⁾、ニホンナシ果皮の黒変防止にGA₃及びIAAの処理が有効である¹⁹⁾ことが認められている。このようなことからGA₃、ウニコナゾールD、合成サイトカイニン類、アミノ酸等の生理活性物質処理が赤心症発生に及ぼす影響と、GA₃及びウニコナゾールD処理が全ポリフェノール(PP)含量及びポリフェノール酸化酵素(PPO)の活性に及ぼす影響について検討した。

本研究の実施に当たり、御助言をいただいた当場特別研究員岡本康博博士(病虫部長)、特別研究員繁田充保氏及び専門研究員海野孝章氏、御協力いただいた当場技術員岸田勝彦氏に対して深謝の意を表する。

材料及び方法

実験は当場内の花崗岩崩積砂壤土の圃場で「夏みの早生3号」を用いて行った。肥料はa当たり、窒素1.3kg、リン酸0.8kg、カリ1.1kg施用し、畝幅140cm、株間24cm、2条播きとした。

赤心症発生程度は、肥大根を縦割りして発現程度(褐変の濃さ及び広がり程度を肉眼で判定)を0(無)、0.5(微)、1.0(少)、2.0(中)、3.0(多)、4.0(甚)、5.0(激甚)の段階に分け、次式により算出した。

$$\text{発生程度} = \frac{\sum (\text{発現程度} \times \text{発現程度別株数}) \times 100}{(5 \times \text{調査総株数})}$$

1. 植物生理活性物質の葉面散布が赤心症発生に及ぼす影響

1986年には、8月4日に播種して、各種生理活性物質の水溶液を播種後30日目と37日目の2回葉面散布した。ただし、ウニコナゾールDについては播種後30日目に1回だけウニコナゾールDを葉面散布する区と、播種後30日目にウニコナゾールD、播種後37日目にGA₃を葉面散布する区とを設けた。そして、9月24日に肥大根を抜き取り赤心症の発現を調査した。

1988年には、8月5日に播種して、播種後33日目と39日目に各種生理活性物質の水溶液を葉面散布した。ただし、ウニコナゾールDについては播種後33日目と39日目の2回ウニコナゾールDを葉面散布する区と、播種後33日目にGA₃、播種後39日目にウニコナゾールDを葉面散布する区とを設けた。そして、9月26日に肥大根を抜き取り赤心症の発現を調査した。

処理は兩年共に1区20株、2反復とした。供試した生理活性物質の種類及び処理方法は第1表に示した。

2. GA₃及びウニコナゾールDの葉面散布が肥大根のPP及びPPO活性に及ぼす影響

実験1:1987年5月23日に播種し、GA₃100ppm水溶液を播種後24日目と30日目の2回、ウニコナゾールD10ppm水溶液を播種後28日目に1回葉面散布した。播種後43日から66日目までに肥大根を3回に分けて抜き取り、赤心症の発現程度を調査すると共にPP含量及びPPO活性を前報¹⁰⁾と同様に分析した。

実験2:1988年8月5日に播種し、播種後33日目と39日目にGA₃100ppmまたはウニコナゾールD10ppm水溶液を葉面散布した。播種後32日目から46日目まで3~4日毎に肥大根を抜き取り、赤心症の発現程度を調査すると共にPP含量及びPPO活性を実験1の方法で分析した。

* 本報告の一部は昭和63年園芸学会秋季大会(園学要旨、昭63秋:386-387)で講演発表した。
1990年12月25日受理

結 果

1. 植物生理活性物質の葉面散布が赤心症発生に及ぼす影響

1986年及び1988年の結果を第1表に示した。1986年の実験では、無処理区に比べて、GA₃、BA及びカイネチン

第1表 各種生理活性物質が赤心症発生に及ぼす影響

実験 年次	処 理	肥大根 重(g)	赤心症発生	
			株率(%)	程 度
1986	カイネチン100ppm	563	10	2
	BA100ppm	722	6	1
	GA ₃ 100ppm	633	5	1
	IAA20ppm	660	24	6
	GA ₃ 100ppm, IAA20ppm混合	545	7	1
	ウニコナゾールD10ppm ¹⁾	482	72	21
	ウニコナゾールD10ppm(播種後30日目)とGA ₃ 100ppm(播種後37日目)	747	40	9
	アスコルビン酸10ppm	608	15	4
	チオ尿素1,000ppm	723	16	4
	チロシン50ppm	744	16	4
	グリシン20ppm	616	18	7
	菌体抽出物500倍	745	12	5
	クロレラ抽出物500倍	617	17	5
	塩化コリン30 200倍液	732	16	6
	インプロチオラン40 800ppm	649	29	9
1988	無 処 理	642	28	9
	菌体抽出物500倍	763	24	3
	エセフォン100ppm	788	15	2
	GA ₃ 100ppm	677	10	3
	GA ₃ 100ppm, BA100ppm混合	659	10	3
	GA ₃ 100ppm, ホウ酸0.1%混合	699	4	0
	ウニコナゾールD10ppm	668	87	41
	GA ₃ 100ppm(播種後33日目)とウニコナゾールD10ppm(播種後39日目)	964	70	14
	無 処 理	777	48	14

注 1) 播種後30日目だけ処理

2) 発生程度 = $\frac{\sum (\text{発現指数} \times \text{発現指数別本数})}{100 / (5 \times \text{調査総本数})}$

の各処理区で赤心症の発生が少なく、アスコルビン酸、チオ尿素、チロシン、グリシン、シイタケ菌体抽出物(以下、菌体抽出物と記す)、クロレラ抽出物及び塩化コリンの各処理区で赤心症の発生が僅かに少なかった。これらに対して、ウニコナゾールDを播種後30日目だけに処理した区は無処理区に比べて、肥大根の肥大が著しく劣り、赤心症の発生がかなり多かった。しかし、播種後30日目ウニコナゾールD・播種後37日目GA₃処理区はウニコナゾールDの播種後30日目だけの処理区よりも赤心症の発生が少なかった。なお、インプロチオラン処理区は無処理区と同等の発生であった。

1987年の実験での赤心症の発生は、GA₃、エセフォン及び菌体抽出物の各処理区で若干少なかったが、ウニコナゾールD処理区で多かった。さらに、播種後33日目GA₃・播種後39日目ウニコナゾールD処理区は、GA₃2回処理区よりも発生が多かったが、ウニコナゾールDの2回処理区よりも発生が少なかった。また、GA₃とホウ酸の混合処理区はGA₃単独処理区よりも発生が少なかった。なお、GA₃処理区は葉が立ち上がって伸長し、肥大根の肥大がやや遅れた。逆に、ウニコナゾールD処理区は葉の伸長及び、肥大根の発達が悪った。

2. GA₃及びウニコナゾールDの葉面散布が肥大根のP P及びPPO活性に及ぼす影響

実験1: 1987年5月播種における結果を第2表に示した。播種後43日目から66日目までの間、GA₃処理区は無処理区に比べて、肥大根のPP含量が少なく、PPO活性が低く、赤心症の発現程度が小さかった。これに対して、ウニコナゾールD処理区は無処理区に比べて、PP含量が多く、PPO活性が高く、赤心症の発現程度が大きかった。

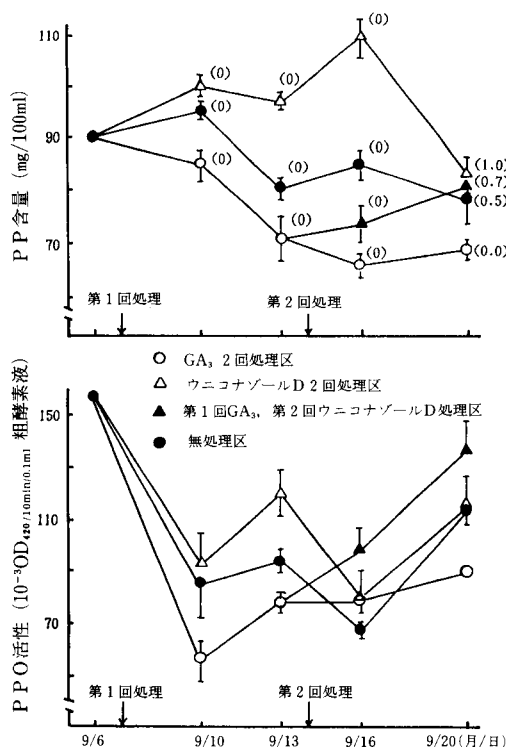
実験2: 1988年8月播種における結果を第1図に示した。第1回目処理においては、GA₃及びウニコナゾールD処理区で処理後3日目にPP含量及びPPO活性に変化が認められ、GA₃処理区はPP含量減少し、PPO活性が低下したのに対して、ウニコナゾールD処理区はPP含有量が増加し、PPO活性が高まった。この傾向は処理後6日目においても同様であった。第2回目処理後においては、第1回目GA₃・第2回目ウニコナゾールD処理区ではGA₃の2回処理区よりもPP含量が多く、

第2表 5月播種におけるGA₃及びウニコナゾールDがPP含量、PPO活性等に及ぼす影響(1987)

処 理	肥大根 重(g)	赤心症発生		PP含量(mg/100ml)			PPO活性 ¹⁾		
		株率(%)	程 度	7/7	7/13	7/28	7/5	7/7	7/13 ²⁾
GA ₃ 100ppm	527	22	2	60	67	72	50	38	45
ウニコナゾールD10ppm	464	95	58	80	108	116	160	103	135
無 処 理	697	50	14	69	74	82	65	52	68

注 1) 10⁻³OD₄₂₀/10min/0.1ml 粗酵素液

2) 月/日



第1図 8月播種におけるGA₃及びウニコナゾールDが肥大根のPP含量及びPPO活性に及ぼす影響(1988) ()内数字：赤心症発現程度

PPP活性が高く、ウニコナゾールD 2回処理区よりもPP含量が少ないが、PPO活性が高かった。

考 察

各種生理活性物質のうち、GA₃処理は葉が伸長し、肥大根の肥大がやや遅れたが、赤心症の発生を抑制した。反面、ジベレリンの生合成を抑制するウニコナゾールD¹⁷⁾の処理によって、肥大根の肥大が劣り、赤心症の発生は多くなった。前に著者ら⁹⁾は、PP含量が多く、PPO活性が高いほど赤心症の発現程度が大きいことを明らかにした。実験2において、GA₃とウニコナゾールDを播種後32日目に処理した結果、処理後3日目においてGA₃の処理ではPP含量が減少してPPO活性が低下したが、ウニコナゾールDの散布では逆にPP含量が増加し、PPO活性が高まった。ジベレリンには高濃度のフェノールを減少させる作用があると考えられており¹²⁾、本実験ではこの説を裏付ける結果になった。

これまでに著者ら^{5,6)}は、赤心症は高温下で発生しやすいこと、ダイコンの生育後期が高地温であるとPP含量が増加し、PPO活性が高まることを明らかにした。内生ジベレリンは高温や強日射によって不活性化する^{8,16)}と

されていることから、高温・強日射時期の赤心症の発生はジベレリン活性の低下とも関連するのかも知れない。

Katoら⁷⁾はジベレリン処理によりオーキシシン含量が増加することを認めているが、ジベレリンによるオーキシシン量の増加は、ジフェノールによるIAA酸化酵素の活性抑制によるものとIAA合成系の促進によるものとが考えられている^{7,3,20)}。したがって、ジベレリンによってIAAの合成を促進するのであれば、シキミ酸からオーキシシンまたはフェノール化合物が合成される過程において、GA₃処理によりフェノール化合物よりもオーキシシンの合成が多くなり、PP含量が相対的に減少することが考えられる。

また、ホウ素とジベレリンの併用はフェノール含量を減少させる作用があると考えられている¹²⁾が、1988年の実験からGA₃の単独処理よりもホウ素との併用散布のほうが赤心症発生が僅かに少ないことが明らかになった。

つぎに、合成サイトカイニン類であるBA及びサイトカイニンの散布によっても赤心症の発生は抑制された。内生サイトカイニンは高温や土壌の過乾過湿により活性が低下する⁸⁾ことから、赤心症が発生する時期にはサイトカイニン含量が少ないことが考えられる。サイトカイニンは、ダイコンの肥大とともに活性が高まる³⁾ことが認められている。また、リン酸はサイトカイニンの生産を高める^{3,4,8)}一方、赤心症の発生と根部のリン酸含有率とは密接な負の相関が認められる⁹⁾ことから、サイトカイニン類も赤心症の発生に影響を及ぼすものと思われる。

Reinert J. と White P. R.¹²⁾は、チロシンの添加によって根の褐変現象を除去することに成功している。これはPPO活性の抑制にあるらしいが、本実験の結果から、チロシンの処理によって赤心症の発生も抑制できると思われる。

内生エチレンはPAL活性を増加させ、サツマイモではクロロゲン酸などのフェノール類の集積を誘発する⁸⁾とされていることから、1988年の実験では、エセフォン散布が赤心症の発生を助長することをねらったが、結果は逆にエセフォン処理によって僅かながら赤心症の発生が抑制されたので、これについては今後の検討を要する。

著者ら¹⁰⁾は、前報において硫酸根が赤心症の発生を抑制することを示唆した。また、エチレン生成、PP増加によって発生する刻みキャベツの褐変は、ダイコンの辛味成分であるアリルイソチオシアネートによって抑制される¹⁸⁾とされている。このアリルイソチオシアネートは硫黄化合物であることから、チオ尿素の処理による赤心症発生抑制効果は吸収された硫黄がこのような化合物に合成される結果によるものと思われる。

次に、アスコルビン酸にはキノン型ポリフェノールを還元する作用があり、モモの果肉の酸化による褐変を防止する効果が認められている¹⁴⁾。松本¹³⁾は、ハクサイのゴマ症の斑点発生部にはPPが存在することを認め、こ

のゴマ症発生株ではアスコルビン酸含量が低下している。これらのことから、アスコルビン酸も肥大根のPPの酸化を抑制し、赤心症の発生を抑制する効果があるものと考えられる。

アミノ酸が主成分である菌体抽出物やクロレラ抽出物には、IAAに合成されるトリプトファンをはじめ、植物の生長を促す種々のアミノ酸が含まれていることから、これらの散布は肥大根の生長を活性化させて赤心症の発生を抑制したのではないと思われる。

以上のように、GA₃、ウニコナゾールD、合成サイトカイニン類等の生理活性物質の葉面散布は赤心症発生に影響を及ぼし、GA₃及びウニコナゾールDの葉面散布は肥大根のPP含量及びPPO活性にも影響を及ぼすことが明らかになった。

摘 要

各種植物生理活性物質の葉面散布が赤心症発生に及ぼす影響とGA₃及びウニコナゾールD処理がPP含量及びPPO活性に及ぼす影響を検討した。

1. GA₃、BA及びカイネチンの葉面散布によって赤心症の発生が減少し、エセフォン、アスコルビン酸、チオ尿素、チロシン、菌体抽出物、クロレラ抽出物及び塩化コリンの葉面散布によって赤心症の発生が僅かに減少した。これらに対して、ウニコナゾールDの葉面散布は肥大根の肥大が劣り、赤心症の発生がかなり増加した。
2. 肥大根のPP含量は、GA₃及びウニコナゾールDの葉面散布後3日目に変化が認められ、GA₃散布によって減少し、ウニコナゾールD散布によって増加した。また、PPO活性も葉面散布後3日目に変化が認められ、GA₃散布によって低下し、ウニコナゾールD散布によって高まった。

引用文献

1. 浅平 端・榊田正治 (1977) ヤナギタデのアントシアン生成に及ぼす光および植物生長調節物質の影響。園学雑, 46: 225—232.
2. ボナー・ゴールストン (1956) 植物の生理 (高宮篤・小倉安之訳). 岩倉書店, 東京, 450pp.
3. DHILLOND, S.S. (1978) Influence of varied phosphorus supply on growth and xylem sap cytokinin level of sycamore (*Platanus occidentalis* L.) seedlings plant Physiol., 61: 521—524.
4. El-D. A. M. S., A. SALAMA and P. F. WAREING. (1979) Effect of mineral nutrition on endogenous cytokinins in Plants of sunflower (*Helianthus annuus* L.). J. Exp. Bot., 30: 971—981.
5. 藤沢敏寛・川合貴雄・内藤恭典・小野芳郎・石橋英二 (1986) 播種期及び2, 3の処理がダイコンの赤心症発生に及ぼす影響. 園学要旨, 昭61秋: 292—293.
6. 飛川光治・川合貴雄・藤沢敏寛・内藤恭典・貝原三雄 (1988) 地温がダイコンの赤心症発生に及ぼす影響. 園学要旨, 昭63秋 (野菜): 386—387.
7. KATO, T and ITO, H.I (1962) Physiological studies on the promotive effect of gibberellin on the growth of celery plant. Tohoku Jour. Agr. Res., 13: 109—117.
8. 加藤 徹 (1988) 野菜の生育調節. 博友社, 東京, 469pp.
9. 川合貴雄・飛川光治・小野芳郎・石橋英二・赤井直彦 (1989) ダイコンの赤心症状に対する過リン酸石灰及び堆肥の施用効果. 園学雑, 58別2: 318—319.
10. 川合貴雄・飛川光治・小野芳郎・石橋英二・赤井直彦・藤沢敏寛 (1991) 黒ボク土でのダイコン赤心症に対するホウ素、リン酸、石膏及び堆肥の抑制効果. 岡山農試研報, 9: 57—63.
11. 川城英夫・武田英之 (1988) ダイコン赤しん症の発生要因に関する研究. 第1報. 温度及び品種と発症の関係. 千葉農試研報, 29: 63—73.
12. M. Ja. シュコーリニク (1982) 植物の生命と微量元素 (原田竹治訳). 農文協, 東京, 612pp.
13. 松本美枝子 (1988) ハクサイゴマ症発生とその防止法に関する研究(1), ゴマ症発生中の形態及び組織化学的観察. 園学雑, 57: 206—214.
14. 中村敏郎 (1977) 食品加工におけるポリフェノール成分の制御. 日本食品工業学会誌, 24: 530—538.
15. 高橋英一 (1985) 栄養学の窓からみた自然と農業—比較栄養論 [18] 農及園, 60: 1555—1561.
16. WAREING, P. F. & I. D. J. PHILIPS (1983) 植物の生長と分化. 上 (古谷雅樹監訳), 学会出版センター, 東京, 246pp.
17. 山路博子・桂 直樹・西島隆明 (1990) 矮化剤ジオキシクロヘキサンカルボン酸とウニコナゾールがトマト幼植物に及ぼす影響. 園学雑, 59. 別冊1: 376—377.
18. 矢野昌充・西条了康・太田保夫 (1986) イソチオシアネート類によるカットキャベツの褐変防止とエチレン生成阻害. 園学雑, 55: 194—198.
19. 山崎俊彦・鈴木勝征・山本昭平 (1988) ニホンナシ新水, 果皮の黒変に伴う生理的变化と温度及び化学物質による制御. 園学雑, 56: 382—390.
20. 山内益夫・辰巳俊見・稲益康秀 (1975) 高等植物におけるホウ素の役割. 第4報, インドール-3-酢酸酸化酵素活性およびエチレン生成におよぼすホウ素の影響, 土肥誌, 46: 529—535.