

ニンジンの越冬中における生体内抗酸化成分（カロテン、トコフェロール）の変化

加藤 忠司・青木 和彦・山西 弘恭

(東北農業試験場)

Effects of Low Temperature on the Carotene, and Tocopherol Contents of Wintering Carrots under the Application of Various Levels of Phosphorous Fertilizer.

Tadashi KATO, Kazuhiko AOKI and Hiroyasu YAMANISHI

(Tohoku National Agricultural Experiment Station)

1 はじめに

カロテン（プロビタミンA）及びトコフェロール（ビタミンE）は強力な生体内抗酸化物質として働くため、老化に伴う各種疾患の予防効果が期待されている。したがって、この効果を調べる大がかりな介入試験が現在世界各地で進行中である。われわれはこれら抗酸化物質の多くを野菜から摂取している。しかし、野菜におけるこれらの成分の生成・蓄積に及ぼす生産環境要因の影響に関する知見は十分とはいえない。ここでは冬期の低温が越冬中のニンジンに含まれるカロテノイド及びトコフェロールの含有量に及ぼす影響を検討した。また、糖含有量の変化にも検討を加えた。

2 試験方法

リン酸の施用量を3レベル（0 kg/10a : P0区, 20 kg/10a : P1区, 60 kg/10a : P3区）とし、1区10 m², 1連で栽培した小泉冬越五寸ニンジンを10月12日（播種後123日目）に2/3を収穫し、残りはニンジンの肩の部分より5 cm程度の厚さに土をかけ、翌年4月14日まで放置し、その間適宜4~8本をサンプリングした。1月14日の降雪より根雪となり3月12日に畦上部が消雪した。成分の分析は次の方法で行った。糖は真空凍結乾燥試料より80%エタノールで抽出し、フェノール硫酸法で定量した。カロテン、トコフェロールは凍結試料（3~5 g）ピロガロール・エタノールで磨砕し、10%酢酸エチル・ヘキサン混液で抽出したのち、HPLCで分離定量した。

カロテンの分離、定量は次のとおりである。カラム：Fine Pak C-18T（4.6 mm ID, 250 mm L），溶離液：メタノール/アセトニトリル（55/45, V/V），流速：1 ml/min，検出：分光光度計474 nmである。トコフェロールについては、カラム：Shimpak CLC-NH₂（6 mm ID, 150 mm L），溶離液：ヘキサン/イソプロパノール（500/12.5, V/V），流速：1 ml/min，検出：蛍光分光光度計Ex297 nm, Em327 nmである。

3 結果及び考察

脂肪含有量の少ない野菜に含まれるカロテノイド及びトコフェロールの定量に当たって、ケン化処理による影響を

検討したが、定量値に明らかな差を認めなかったため、以後の抽出ではケン化処理を省略した。カロテノイドは試験方法の項に示した逆相クロマトグラフィーで、トコフェロールは順相クロマトグラフィーで良好な分離定量がそれぞれ可能であった。

ニンジンの収量についてみると、リン酸施肥反応がみられ、P0区<P1区<P3区の順に増収した。また、収穫期以降も11月30日にかけて明らかに根の肥大が認められた（表1）。

カロテンについてみると、 α -カロテンと β -カロテンの組成比は品種によって異なった（表2）。おそらくこの組成比は遺伝的に決まっているものと考えられる。両カロテンの越冬中における変化は収穫期から春にかけてほぼ同じ水準で推移した。しかし図2のBに示すように低リン酸条件ではカロテンの蓄積が時期的に遅れた。向陽二号においてもP0区のカロテン含有量が少ないが、同様の現象と考えられる。したがってカロテンの十分な蓄積を考えると収穫までの日数を低リン酸条件下では長くする必要がある。

トコフェロールは α , β , γ , δ の4種の同族体が検出された。 α -トコフェロールの含有量が最も多く、 β , γ , δ -トコフェロールは非常に少なかった。 α -トコフェロールは通常の収穫日（播種後110-120日）以降、厳冬期にかけて大きく増加し、低温反応の大きいことが認められた。その後、4月以降の温度上昇にともなって減少した（図2のC）。 β , γ -トコフェロールも α -トコフェロールと同様の推移を示した。しかし、 δ -トコフェロールは年内に僅かながら検出されたが翌年には検出されなかった。各トコフェロールの変化からニンジンの根では δ -トコトリエノールがメチル化されたのち、還元されてトコフェロールになる系の存在が予想される。

糖含有量は10月12日（収穫適期）以降厳冬期にかけて増加し、消雪時までそのレベルを維持したが、それ以降温度上昇に伴って減少に転じた（図2のA）。4月以降の急速な減少は新葉の展開に伴って糖が消費されたためと考えられる。

4 まとめ

カロテノイド及びトコフェロールを同時に抽出し、HPLCで分離・定量する方法を確立した。

カロテンの合成にはある程度の高い温度を必要とするが、

トコフェロールの生成・蓄積は低温においても進行すると考えられた。したがって、秋・冬の低温を利用することによって栄養成分から見た品質向上を図ることが期待できる。

表1 ニンジン収量 (小泉冬越五寸) (kg/10m²)

区	月/日						
	10/12	11/30 ^{a)}	12/21 ^{a)}	1/28 ^{a)}	3/17 ^{a)}	4/1 ^{a)}	4/14 ^{a)}
P0	40.6	51.2±15.0	50.5	62.0±21.6	73.9	49.2±20.0	35.3±9.8
P1	46.2	78.8±27.3	63.8	66.6±21.3	88.4	92.0±27.0	78.7±32.1
P3	58.5	93.6±37.4	71.1	71.8±28.7	110.0	100.0±30.0	56.5±19.2

a) 4~8本のサンプリング根重より234株/10m²に換算; ±はSDで根重のバラツキから計算

表2 カロテン及びトコフェロール含有量の品種間差 (収穫期) (mg/100g生)

	向陽二号			小泉冬越五寸		
	P0	P1	P3	P0	P1	P3
α-カロテン	3.93	4.76	5.40	2.51	3.27	3.28
β-カロテン	3.65	5.21	5.77	5.78	8.19	7.58
α-トコフェロール	0.266	0.370	0.440	0.17	0.20	0.30
β-トコフェロール	0.010	0.010	0.050	0.004	0.005	0.004
γ-トコフェロール	0.012	0.007	0.005	0.004	0.005	0.010
δ-トコフェロール	±	±	±	+	+	±

注. 収穫日: 向陽二号; 播種後114日目, 小泉冬越五寸; 播種後123日目

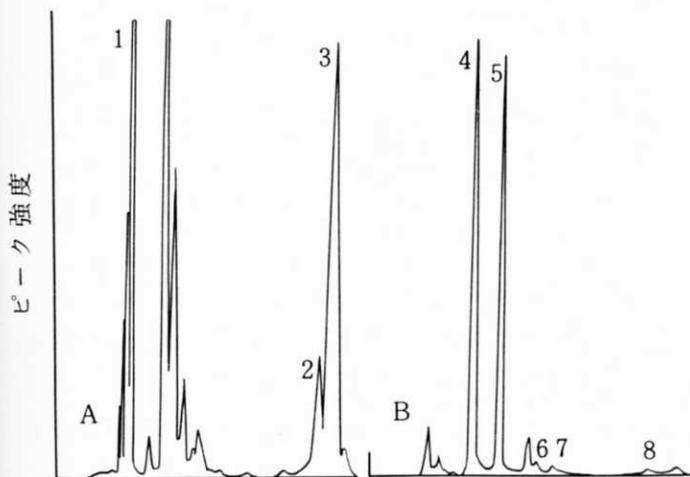


図1 カロチノイド (A: ニンジン葉) 及びトコフェロール (B: コマツナ葉) のクロマトグラム

1: ルテイン, 2: α-カロテン, 3: β-カロテン, 4: α-トコフェロール, 5: PMC, 6: β-トコフェロール, 7: γ-トコフェロール, 8: δ-トコフェロール

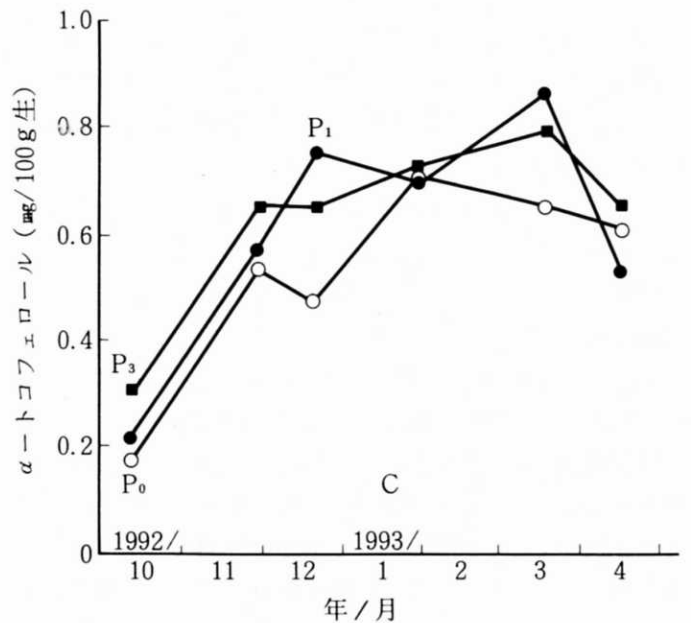
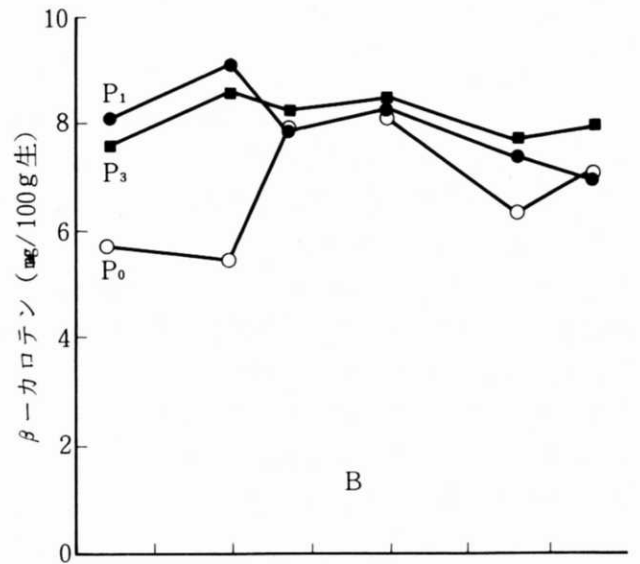
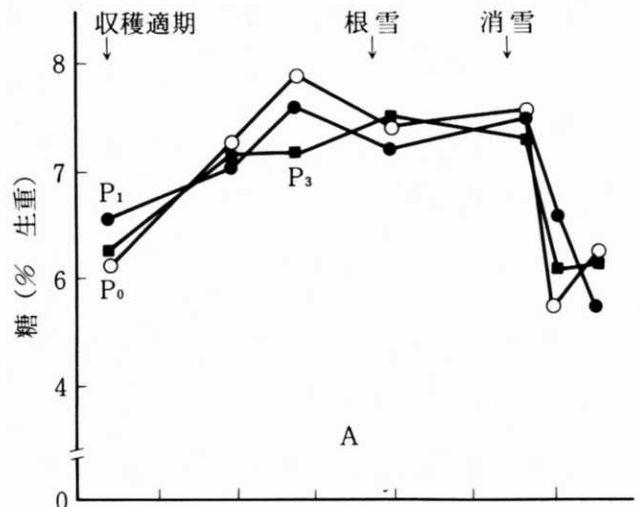


図2 ニンジン (小泉冬越五寸) の糖 (A), β-カロテン (B) 及びα-トコフェロール (C) 含有量の越冬中における変化