栽培地を異にしたリンゴ果実の品質と気温との関係1

Relationship between Temperature and Fruit Quality of Apple Cultivars Grown at Different Locations

Takashi Tomana and Hisashi Yamada Faculty of Agriculture, Kyoto University, Sakyo-ku 606

Summary

To get a better understanding of the relationship between temperature and fruit quality of apples, 3 apple cultivars, 'Jonathan', 'Golden Delicious' and 'Fuji', each grafted on M7 rootstocks, were grown at 13 different locations from Hokkaido down to Kyushu. Mature fruits picked at each location were shipped to Kyoto University where their quality characteristics were evaluated, and the relationships between their fruit quality and heat summation during growing or maturation period were evaluated.

- 1. Fruit weight, size, and the content of acid and sorbitol showed no significant correlation with the heat summation either in the entire growing season or during the maturation stage, in all cultivars.
- 2. Correlations between shape index of fruit, flesh firmness, Brix°, and total sugars and the heat summation either in the entire growing season or during the maturation stage were sometimes significant, depending upon cultivars and years.
- 3. Anthocyanin content in the skin of 'Jonathan' fruit was negatively correlated with heat summation, while there was no significant correlation with 'Fuji' fruit.
- 4. In all cultivars, sugar composition in the flesh showed high correlation with heat summation. The lower the heat summation, the more sucrose and the less glucose accumulated.
- 5. In conclusion, it is suggested that most of the fruit quality characteristics of apples are affected not only by temperature but also by other climatic factors or cultural practices.

However, sugar metabolism in the fruit seems to be greatly affected by temperature.

緒 言

果樹の適地選定に当たっては多くの要因を考慮する必要があるが、その中で最も重要な要因の一つに気温がある。一般に、リンゴは比較的冷涼な気候を好む果樹とされており、 我が国の 主産地も 長野県以北に 分布している。このようなリンゴの適地の判断は原生地や育成地あるいは主産地の気象条件(10)及び一部の試行的な栽培経

験などに基づいたものであり、必ずしも十分な生態的データを基礎としたものではない. しかも、世界のリンゴの主産地はその原生地とされる地域(コーカサス南部)の気温よりもやや冷涼な地域に片寄った分布をしているのが現状である.

近年,病虫害防除や輸送・貯蔵技術の急速な進歩と共に、わい性台木の開発や新品種の育成など栽培体系が大きく変化しつつある.したがって、既定の概念にとらわれることなく、将来の栽培体系の中でのリンゴの適地を明確にさせるための基礎となるデータの集積が急務である.

これまで我が国では、リンゴ果実の生長や成熟に対する気象要因の影響に 関しては 試験場など 特定の 場所に

^{1 1986}年12月6日受理 本研究は文部省科学研究費(課題番号59360005)の 助成により行われた。

² 現在 近畿大学附属農場

³ 現在 新潟大学農学部

おける 年次変動から 検討した 報告は いく つか 見られる (4,8,11,13,14,17)が、 気象条件を大きく異に する地域で同一の材料(品種、台木、樹齢)を用いて検討したものは見当たらない。

そこで本研究では、南は九州大学から北は北海道大学まで気象条件の大きく異なる全国13か所の大学あるいは附属農場に植栽した M7 台のリンゴ3品種を用いて、果実品質と各地域の気温との関係について検討した.

材料及び方法

1976年 に 全国13か所(九州大学, 静岡大学, 愛媛大学, 京都大学高槻農場, 京都大学, 広島農業短大, 三重大学, 鳥取大学, 石川農業短大, 新潟大学, 信州大学, 弘前大学, 北海道大学) に定植し栽培した8~9年生のM7台 '紅玉', 'ゴールデン・デリシャス', 'ふじ'の3品種を供試した. これらの供試樹の栽培管理(整枝・せん定, 施肥, 摘花・果, 袋掛け, 薬剤散布など) については一定の基準を設けず, 栽培地によってかなり異なった

1984年と1985年の2ヵ年にわたり各栽培地において収穫した成熟果実を京都大学に輸送し、果実重、果径、果肉硬度、可溶性固形物含量、滴定酸含量、アントシアニン含量、糖組成などの形質を調査した、調査個数は10個(一部不足の場合もある)とし、ガスクロマトグラフィー(GLC)による糖組成の分析にはそのうち5個を使用した。

果径は縦径、横径ともそれぞれ最大の位置で測定し、 果肉硬度は赤道部を2か所ナイフで皮を削ぎ果実硬度計 で測定した。ガーゼで搾り取った果汁を用いて可溶性固 形物含量を屈折糖度計で測定し、滴定酸含量はフェノー ルフタレインを指示薬として 0.05 N NaOH で中和滴定 を行い、リンゴ酸含量に換算した. '紅玉' と'ふじ'につ いては一定面積の 果皮切片を 1% 塩酸メタノールで 約 24 時間抽出後, 530 nm での吸光度を測定し, アントシ アニン含量の 相対値とした。 GLC による糖組成及びリ ンゴ酸, ソルビトール含量の測定では, 果肉を 80% エ タノール中で磨砕・抽出後, 定容して試料液とした. こ の試料液を一定量取り、エタノールを蒸発させた後、凍 結乾燥した. そこへ TMS 化剤として TMS-NH (西尾 工業製)を一定量加え,60℃ で約3時間反応させた後, 反応液 2μ l を GLC (島津ガスクロマトグラフ: GC-4 CM, 充塡剤 3% SE-52 クロモソルブW, 検出器 FID) にかけた.

各栽培地の最寄りの気象台で観測された気温のデータ を用いて、果実の生育期(満開~収穫)及び成熟期(収 穫前 30 日)の積算温度(日平均気温が 10℃ 以上の日の平均気温 −10℃ を合計した値)を求め、各果実形質との単純相関係数を算出した。ただし、産地によっては満開日を開花開始日で代替した所もある。

結 果

1. '紅玉'の産地別果実品質と積算温度との 関係

'紅玉'の産地別('紅玉'についてのみ新潟を除いた12 か所)の果実品質を第1表に示した.果実の大きさは相対的に鳥取、信州、京都、高槻産がやや大きく、愛媛、静岡、三重、広島産がやや小さかった.果形指数は両年とも顕著な産地間差は認められず、おおむね0.85~0.90 の間であった.果肉硬度は1984年よりも1985年の方がやや低かったが、産地間の違いは明確でなかった.可溶性固形物含量は多くの産地で1984年の方が1985年よりも高くなり、また、産地間では1984年は高槻、北海道産が、1985年は三重、高槻産がそれぞれ相対的に高かった.滴定酸含量は両年を通じて北海道と石川産が高く、信州と広島産か低かった.アントシアニン含量は両年とも信州、弘前、北海道、石川などの比較的冷涼な産地で高く、九州、三重、鳥取などで低い傾向が認められた.

産地別の果肉中の糖組成、リンゴ酸、ソルビトール含量を第2表に示した。糖としては果糖、ブドウ糖、ショ糖の3種類が検出され、果糖が全糖の約半分を占め、残りをブドウ糖とショ糖が占めた。また、概して北方産の果実ほど還元糖(果糖とブドウ糖)の割合が低く、非還元糖(ショ糖)の割合が高い傾向が見られた。リンゴ酸含量は石川と北海道産で両年とも1.0g/100g FW を越え比較的高かったのに対し、信州産の果実は両年とも0.7g/100g FW 前後で比較的低かった。ソルヒトール含量は1984年には愛媛と高槻産で高く、1985年には高槻、京都、北海道産でやや高かった。

第1表及び第2表に示した各果実形質と各産地における果実の全生育期(満開~収穫)及び成熟期(収穫前30日)の積算温度との相関を第3表に示した。果実重,果径,果形指数,果肉硬度,滴定酸含量,リンゴ酸含量,ソルビトール含量については両年ともいずれの時期の積算温度とも有意な相関は認められなかった。可溶性固形物含量と全糖含量は1984年にはいずれの時期の積算温度とも有意な相関は認められなかったものの,1985年には全生育期の積算温度と有意な正の相関が認められた。アントシアニン含量は両年とも全生育期及び成熟期の積算温度と有意な負の相関が認められ,相関の強さは1984年よりも1985年の方が,また全生育期よりも成熟期の方が

Table 1. Fruit quality of 'Jonathan' apples grown at 12 locations.

Location		Fruit weight (g)	Fruit length (mm)	Fruit diameter (mm)	Length/ diameter	Firmness (kg)	Brix°	Titratable acid (%)	Anthocyanir (O. D.)
Kyushu	1984	241. 9	74. 7	84. 1	0. 89	1. 76	13. 8	0. 63	0. 293
	1985	203. 3	70. 2	80. 4	0. 87	1. 89	13. 3	0. 85	0. 087
Shizuoka	1984	174. 6	65. 6	76. 5	0. 86	2. 15	13. 8	0. 82	0. 408
	1985	168. 8	65. 1	76. 0	0. 85	1. 94	12. 9	0. 68	0. 225
Ehime	1984 1985	152. 9	61.7	72. 9	0. 85	2. 26	14.8	0.72	0. 688
Takatsuki	1984	244. 8	72. 6	85. 7	0. 85	1. 97	15. 2	0. 83	0. 599
	1985	229. 9	73. 8	84. 2	0. 88	1. 79	14. 6	0. 67	0. 353
Kyoto	1984	252. 1	75. 7	85. 8	0. 88	2. 15	14. 0	0. 82	0. 470
	1985	237. 4	74. 5	84. 6	0. 88	1. 84	14. 2	0. 66	0. 352
Hiroshima	1984	198. 9	68. 2	80. 5	0. 85	2. 14	14. 0	0. 75	0. 447
	1985	141. 9	62. 0	71. 6	0. 87	1. 78	13. 6	0. 59	0. 341
Mie	1984 1985	173. 6	67. 1	77. 3	0. 87	1. 96	14. 5	0.70	0. 139
Tottori	1984	250. 1	75. 7	85. 0	0. 89	2. 19	14, 2	0. 89	0. 259
	1985	247. 6	74. 4	87. 6	0. 85	1. 96	13, 7	0. 82	0. 215
Ishikawa	1984	189. 6	68. 5	78. 0	0. 88	2. 06	14. 4	0. 99	0. 927
	1985	188. 1	69. 1	77. 6	0. 89	1. 97	14. 0	0. 94	0. 556
Shinshu	1984	247. 6	74. 0	85. 6	0. 86	2. 00	13. 0	0. 66	1. 111
	1985	247. 6	76. 9	85. 6	0. 90	1. 70	12. 6	0. 59	1. 082
Hirosaki	1984	195. 0	69. 5	79. 0	0. 88	2. 17	13. 5	0. 83	1. 041
	1985	227. 2	74. 1	82. 3	0. 90	1. 73	12. 7	0. 65	0. 776
Hokkaido	1984	173. 7	65. 5	76. 8	0. 85	2. 22	15. 2	1. 10	0. 819
	1985	213. 8	69. 6	82. 1	0. 85	1. 86	13. 4	0. 90	0. 919

Table 2. Soluble carbohydrate content of 'Jonathan' apples grown at 12 locations.

Location		Fructose (g/100g FW)	Glucose (g/100g FW)	Sucrose (g/100g FW)	Total sugars (g/100g FW)	Malic acid (g/100g FW)	Sorbitol (g/100g FW)
Kyushu	1984	6. 04 (52. 7) ^z	2. 82 (24. 6)	2. 63 (22. 7)	11. 49 (100)	0. 69	0. 42
	1985	6. 16 (51. 9)	2. 53 (21. 3)	3. 17 (26. 7)	11. 86 (100)	1. 12	0. 46
Shizuoka	1984	6. 32 (52. 5)	2. 31 (19. 2)	3. 39 (28. 3)	12. 02 (100)	0. 94	0. 59
	1985	6. 80 (56. 6)	2. 72 (22. 6)	2. 50 (20. 8)	12. 01 (100)	0. 81	0. 34
Ehime	1984 1985	6.54 (50.3)	3. 46 (26. 7)	2. 99 (23. 0)	12.99 (100)	0.78	0. 92
Takatsuki	1984	5. 56 (47. 2)	2. 59 (22. 1)	3. 60 (30. 7)	11.75 (100)	1. 17	1. 00
	1985	6. 31 (50. 3)	3. 15 (25. 1)	3. 09 (24. 6)	12.55 (100)	0. 78	0. 79
Kyoto	1984	5. 83 (48. 2)	2. 37 (19. 6)	3. 91 (32. 2)	12. 11 (100)	0. 81	0. 60
	1985	6. 73 (51. 2)	2. 91 (22. 1)	3. 52 (26. 7)	13. 15 (100)	0. 87	0. 82
Hiroshima	1984	5. 15 (45. 1)	2. 70 (23. 7)	3. 57 (31. 3)	11. 42 (100)	0. 86	0. 61
	1985	6. 94 (56. 2)	2. 13 (17. 3)	3. 27 (26. 5)	12. 35 (100)	0. 65	0. 37
Mie	1984 1985	6. 35 (49. 5)	3. 50 (27. 3)	2. 98 (23. 2)	12. 82 (100)	0. 85	0. 67
Tottori	1984	5. 80 (47. 7)	2. 39 (19. 7)	3. 95 (32. 6)	12. 14 (100)	0. 90	0. 49
	1985	6. 08 (51. 3)	2. 57 (21. 7)	3. 20 (27. 0)	11. 84 (100)	0. 98	0. 48
Ishikawa	1984	5. 51 (46. 2)	1. 65 (13. 9)	4.78 (40.0)	11. 94 (100)	1. 13	0. 50
	1985	6. 82 (56. 0)	2. 03 (16. 6)	3.34 (27.4)	12. 19 (100)	1. 14	0. 45
Shinshu	1984	5. 26 (48. 0)	2. 04 (18. 6)	3. 66 (33. 4)	10. 95 (100)	0. 67	0. 59
	1985	6. 10 (52. 3)	1. 64 (14. 1)	3. 91 (33. 5)	11. 65 (100)	0. 76	0. 40
Hirosaki	1984	5. 10 (47. 3)	1. 46 (13. 5)	4. 23 (39. 2)	10.78 (100)	0. 84	0. 49
	1985	5. 73 (50. 3)	1. 54 (13. 5)	4. 13 (36. 2)	11.39 (100)	0. 74	0. 42
Hokkaido	1984	5. 56 (45. 5)	1. 39 (11. 4)	5. 26 (43. 1)	12. 21 (100)	1. 13	0. 69
	1985	5. 37 (46. 0)	1. 23 (10. 5)	5. 08 (43. 5)	11. 69 (100)	1. 01	0. 79

z % of total sugars.

強かった.

果糖含量は1985年の成熟期の積算温度と正の相関が認められたものの、全糖中に占める割合はいずれの年度、時期とも有意な相関は認められなかった。ブドウ糖は含

量、割合とも温度との関連が強く、両年のいずれの時期の積算温度とも強い正の相関が認められた。ショ糖は1984年の含量と全生育期の積算温度との間の相関が有意でなかった以外は含量、割合とも有意な負の相関が認め

Table 3. Correlation coefficients between fruit quality characteristics of 'Jonathan' apples and the heat summation above 10°C in the entire growing season or during 30 days before harvest.

		nation from to harvest	Heat summation during 30 days before harvest		
	1984	1985	1984	1985	
Fruit weight	r= 0.302 NS	r = -0.007 NS	r= 0.182 NS	r = -0.286 N	
Fruit length	r= 0.228 NS	r= 0.038 NS	r= 0.132 NS	r = -0.262 N	
Fruit diameter	r= 0.254 NS	r= 0.045 NS	r= 0.134 NS	r = -0.219 N	
Length/diameter	r= 0.136 NS	r = -0.013 NS	r= 0.161 NS	r = -0.229 N	
Flesh firmness	r = -0.248 NS	r= 0.312 NS	r = -0.378 NS	r= 0.587 N	
Brix°	r= 0.298 NS	r= 0.679 *	r= 0.078 NS	r= 0.553 N	
Titratable acid	r = -0.289 NS	r = -0.050 NS	r = -0.461 NS	r= 0.082 N	
Anthocyanin	r = -0.628 *	r = -0.780 **	r = -0.682*	r = -0.874 **	
Fructose	r= 0.549 NS	r = 0.535 NS	r= 0.644 *	r= 0.734 *	
Glucose	r= 0.727 *	r= 0.861 **	r= 0.752 **	r= 0.815 *	
Sucrose	r = -0.549 NS	r = -0.724 *	r = -0.711 *	r = -0.898 **	
Total sugars	r= 0.483 NS	r= 0.695 *	r= 0.440 NS	r= 0.592 N	
Fructose/total sugars	r= 0.360 NS	r= 0.197 NS	r= 0.574 NS	r = 0.518 N	
Glucose/total sugars	r= 0.692 *	r= 0.857 **	r= 0.741 **	r= 0.832 **	
Sucrose/total sugars	r = -0.659 *	r = -0.788 **	r = -0.794 **	r=-0.926 **	
Malic acid	r= 0.050 NS	r= 0.142 NS	r = -0.136 NS	r= 0.225 N	
Sorbitol	r= 0.337 NS	r= 0.253 NS	r= 0.154 NS	r = -0.049 N	

^{*} P<0.05, ** P<0.01.

Table 4. Correlation coefficients between fruit quality characteristics of 'Golden Delicious' apples and the heat summation above 10°C in the entire growing season or during 30 days before harvest.

		nation from to harvest	Heat summation during 30 days before harvest		
	1984	1985	1984	1985	
Fruit weight	r= 0.194 NS	r=-0.279 NS	r= 0.030 NS	r = -0.467 NS	
Fruit length	r= 0.175 NS	r = -0.319 NS	r = -0.005 NS	r = -0.529 NS	
Fruit diameter	r= 0.222 NS	r = -0.182 NS	r= 0.034 NS	r = -0.443 N	
Length/diamete	r= 0.023 NS	r = -0.496 NS	r = -0.085 NS	r = -0.599 *	
Flesh firmness	r = -0.059 NS	r= 0.256 NS	r= 0.190 NS	r= 0.379 N	
Brix°	r = -0.123 NS	r= 0.068 NS	r = -0.285 NS	r = -0.122 N	
Titratble acid	r = -0.385 NS	r = -0.238 NS	r = -0.356 NS	r = -0.004 N	
Fructose	r= 0.323 NS	r= 0.054 NS	r= 0.231 NS	r = 0.056 N	
Glucose	r= 0.525 NS	r= 0.954 **	r= 0.615 *	r= 0.760 **	
Sucrose	r = -0.614*	r = -0.789 **	r = -0.778 **	r = -0.839 **	
Total sugars	r = -0.051 NS	r = -0.278 NS	r = -0.208 NS	r = -0.442 N	
Fructose/total sugars	r = -0.523 NS	r= 0.408 NS	r= 0.568 *	r= 0.591 *	
Glucose/total sugars	r= 0.628 *	r= 0.926 **	r= 0.688 **	r= 0.817 **	
Sucrose/total sugars	r = -0.646 *	r = -0.830 **	r = -0.769 **	r = -0.854 **	
Malic acid	r = -0.355 NS	r = -0.068 NS	r = -0.403 NS	r= 0.230 N	
Sorbitol	r= 0.202 NS	r= 0.394 NS	r= 0.202 NS	r= 0.425 N	

^{*} P<0.05, ** P<0.01.

られ、特に1985年の全糖中に占めるショ糖の割合と成熟期の積算温度との間には r=-0.926 の非常に強い相関が認められた.

ゴールデン・デリシャス'の果実品質と 積算温度との関係

"ゴールデン・デリシャス"の産地別の果実品質についてのデータは省略したが、第4表に各形質と積算温度と

の相関を示した。果実重、果径、果肉硬度、可溶性固形物含量、滴定酸含量、全糖含量、リンゴ酸含量、ソルビトール含量については1984年及び1985年の両年ともいずれの時期の積算温度とも有意な相関は見られなかった。果形指数は1984年には両時期の積算温度との相関は非常に弱かったものの、1985年には成熟期の積算温度と有意な負の相関が認められた。

		nation from to harvest	Heat summation during 30 days before harvest		
	1984	1985	1984	1985	
Fruit weight	r= 0.007 NS	r=-0.133 NS	r=-0.380 NS	r=-0.425 NS	
Fruit length	r = -0.022 NS	r = -0.183 NS	r = -0.419 NS	r = -0.395 NS	
Fruit diameter	r= 0.100 NS	r = -0.042 NS	r = -0.305 NS	r = -0.398 NS	
Length/diameter	r = -0.383 NS	r = -0.491 NS	r = -0.646 *	r = -0.186 NS	
Flesh firmness	r = -0.603*	r = -0.148 NS	r = -0.244 NS	r= 0.287 NS	
Brix°	r= 0.269 NS	r= 0.518 NS	r= 0.111 NS	r= 0.187 NS	
Titratable acid	r = -0.412 NS	r = -0.262 NS	r = -0.296 NS	r = -0.185 NS	
Anthocyanin	r = -0.281 NS	r = -0.403 NS	r = -0.467 NS	r = -0.279 NS	
Fructose	r= 0.375 NS	r= 0.352 NS	r= 0.275 NS	r= 0.326 NS	
Glucose	r= 0.763 **	r= 0.746 **	r= 0.869 **	r= 0.550 NS	
Sucrose	r = -0.656 *	r = -0.616 *	r = -0.772 **	r = -0.632 *	
Total sugars	r= 0.207 NS	r= 0.418 NS	r= 0.093 NS	r= 0.108 NS	
Fructose/total sugars	r= 0.498 NS	r= 0.269 NS	r= 0.432 NS	r= 0.382 NS	
Glucose/total sugars	r= 0.665 *	r= 0.750 **	r= 0.834 **	r= 0.586 *	
Sucrose/total sugars	r = -0.709 **	r = -0.650 *	r = -0.804 **	r = -0.619 *	
Malic acid	r = -0.435 NS	r = -0.317 NS	r = -0.458 NS	r = -0.341 NS	
Sorbitol	r = -0.208 NS	r= 0.030 NS	r = -0.341 NS	r = -0.250 NS	

Table 5. Correlation coefficients between fruit quality characteristics of 'Fuji' apples and the heat summation above 10°C in the entire growing season or during 30 days before harvest.

果糖含量は両年とも各時期の積算温度との相関係数は小さくほとんど関連性は認められなかったものの、全糖中に占める果糖の割合については両年とも成熟期の積算温度と有意な正の相関が認められた。ブドウ糖含量と全生育期の積算温度との相関は1984年には有意でなかったものの、1985年には r=0.954 の非常に強い正の相関が認められた。また、ブドウ糖含量と成熟期の積算温度との間及び全糖中に占める割合と各時期の積算温度との間にも正の相関が認められた。ショ糖は含量、割合とも両年の各時期の積算温度と有意な負の相関が認められたが、相関の強さは1984年よりも1985年の方が、また全生育期よりも成熟期の方が強かった。

3. 'ふじ'の果実品質と積算温度との関係

全国13か所で収穫された果実の各形質と各産地の積算温度との相関を第5表に示した.果実重,果径,可溶性固形物含量,滴定酸含量,アントシアニン含量,全糖含量,リンゴ酸含量,ソルビトール含量は両年ともいずれの時期の積算温度とも有意な相関は認められなかった.果形指数は1984年の成熟期の積算温度と有意な負の相関が認められたものの,1985年にはいずれの時期の積算温度とも有意な相関は認められなかった.また,果肉硬度は1984年の全生育期の積算温度と有意な負の相関が認められたものの,1984年の成熟期及び1985年の各時期の積算温度との相関は弱かった.

果糖の含量及び全糖中に占める割合は両年のいずれの時期の積算温度とも有意な相関は認められなかった。ブ

ドウ糖含量は1984年にはいずれの時期の積算温度とも有意な正の相関が認められたものの、1985年には全生育期の積算温度との相関だけ有意であった。また、全糖中に占めるブドウ糖の割合は両年のいずれの時期の積算温度とも有意な正の相関が認められた。一方、ショ糖は含量、割合とも両年のいずれの時期の積算温度とも有意な負の相関が認められた。

考 察

果実の大きさは3品種とも産地によって大きな差が見られたものの、果実重や果径と各産地の積算温度(全生育期及び成熟期)との有意な相関は認められなかった、収穫果実の大きさと温度との関係について、同じ栽培地での年次変動から検討した報告はいくつかある(4,11,13,14,17)ものの、相関の有無についての結論はそれぞれ異なっている。果実の肥大は気温ばかりでなく、土壌水分(6)や摘果(7,12)・施肥(9)などの栽培管理によっても強く影響されるため、産地間でのこれらの相違が温度との関係を明確にできなかった原因の一つかもしれない。

リンゴの果実は生長初期には縦径の生長が盛んで、その後は横径の生長が盛んとなるため、果形指数(縦径/横径)は生長が進むにつれて低下する(18)。また、Westwood(19)は 'Delicious'において満開から収穫までの積算温度(5° 以上)と果形指数との間に負の相関を認めている。本調査では、いずれの品種も全生育期の積算温度との有意な相関は認められなかったものの、

^{*} P<0.05, ** P<0.01.

'ゴールデン・デリシャス'と'ふじ'では年度によっては 成熟期の積算温度と負の相関が認められ、成熟期に気温 の高い地域では遅くまで横径の生長が盛んであることが 推察された.

収穫後の貯蔵性とも関連が深い果肉硬度について本調査では、1984年の'ふじ'で全生育期の積算温度と有意な負の相関が認められたものの、その他の場合には有意な相関は認められなかった。これに対して、今回ほど地域は広くないものの、全国6産地の'ふじ'について平均気温と果肉硬度との相関を調査した河崎の報告(4)によると、平均気温が高い産地の果実ほど収穫直後から貯蔵2か月後までの果肉硬度が低く、日持ち性が乏しいことが示されている。本研究における果実の大きさが産地間で大きく異なることは先に述べたが、果実重と果肉硬度の間にはかなり密接な関係が認められる('ゴールデン・デリシャス'では1984年が r=-0.602*、1985年がr=-0.716**、'ふじ'では1985年がr=-0.824**)ことから、果実の大きさの変異が温度と果肉硬度との相関の妨害要因となったのかもしれない。

果実中の糖含量 (Brix 及び全糖含量) や酸含量 (滴定酸及びリンゴ酸含量) については '紅玉'において1985年の全生育期の積算温度と糖含量との間に有意な正の相関が見られた以外は有意な相関は認められなかった. リンゴも含めた多くの果樹では、樹体あるいは果実の温度環境が果実の糖や酸含量に著しい影響を及ぼすことが知られている(5,15,16)が、一方で袋掛け等の栽培管理や着果部位などによっても影響を受ける(7). さらに、今回の調査では産地ごとの成熟度(収穫期の判断基準は産地によって異なるが、多くは食味による)のばらつきがやや大きいように思われ、これらの相違が温度との関係を明確にできなかった主な原因と思われる.

リンゴの着色は高温によって抑制され(1), またブドウなどと同様に果実温の影響も大きく低果実温区で着色が優れることが報告されている(15)が、一方で光の影響も大きく、袋掛け等によっても大きく変動する(7). 今回の調査では、袋掛けは産地によって大きく異なった(無袋、有袋で収穫前に除袋、収穫までモモ用の袋をかける等)ものの、'紅玉'の果皮のアントシアニン含量は各時期の積算温度と有意な負の相関が認められ、冷涼な産地ほど着色が優れることが明らかとなった。しかし、元来着色の良くない'ふじ'では光環境の違いの影響が大きかったためか各時期の積算温度との有意な相関は認められなかった。

ナン果実の糖組成は品種によって異なる(3)が, 同一 品種であっても冷涼な産地の果実ほどショ糖の割合が低 くなることが知られている(2). 一方,今回のリンゴの調査では、3品種とも果糖が全糖の約半分を占め、残りをブドウ糖とショ糖が占め、品種間に明確な差は認められなかったものの,産地間の糖組成(特にブドウ糖とショ糖)には顕著な違いが認められた。また,ブドウ糖とショ糖の含量及び全糖中に占める割合は全生育期あるいは成熟期の積算温度と強い相関があり,冷涼な産地ほどブドウ糖の割合が低く,ショ糖の割合が高くなることが示された。このようにナシとはまったく逆の結果となったが,カンキッ(16)やリンゴ(15)を用いた成熟期の果実温処理では低温区ほどショ糖の割合が高くなることが報告されており,いずれにしてもこれらの果実では,成熟期における果実内の糖代謝に温度が重要な役割を果たしていることが推察された。

糖アルコールの一種であるソルビトールはリンゴにお ける同化物の主要な転流形態であり、特にみつ症状との 関連が深いとされている(20). 今回の調査において、信 州及び弘前産の'紅玉'と'ふじ'ではみつ症状が顕著で あり、新潟や石川産の果実でも若干観察され、北海道を 除けば冷涼な産地ほどみつ症状の発生が著しいように思 われた. また、1985年の弘前産 'ふじ' について、みつ 症状の発現している果心部周辺とそれ以外の果肉部のソ ルビトール含量を比較すると, 前者が 0.71 g/100 g FW で後者が 0.51 g/100 g FW となり、 みつ症状発現部位 で高く、Williams(20)の結果と同様であった. しかしな がら, 可食部全体を測定した今回の調査では, みつ症状 の発生が見られた産地のソルビトール含量が他の産地よ りも高い傾向は認められず、また各時期の積算温度とソ ルビトール含量との間にも有意な相関は認められなかっ たことから、産地間のみつ症状発現程度とソルビトール 含量, 気温の相互関係は明らかでなかった.

いずれにしても本調査の結果から、リンゴの果実品質を構成する形質の多くは気温以外の気象要因や栽培管理によって強く影響されるものの、糖組成については気温との強い相関が認められ、冷涼な産地ほどブドウ糖の割合が低下し、ショ糖の割合が増加することが明らかとなった。

摘 要

気象条件の大きく異なる 全国13か所で栽培された M 7台の リンゴ 3 品種 ('紅玉', 'ゴールデン・デ リ シャス', 'ふじ') を用いて、果実品質と気温との関係を検討した.

1. 果実重, 果径, 酸含量, ソルビトール含量については3品種とも全生育期や成熟期の積算温度と有意な相

関は認められなかった.

- 2. 果形指数,果肉硬度,可溶性固形物含量,全糖含量については品種や年度によって全生育期あるいは成熟期の積算温度と有意な相関は認められたものの,相関が弱い場合が多かった.
- 3. '紅玉'では果皮のアントシアニン含量と積算温度 との間に有意な負の相関が認められたが、'ふじ'では両 者の相関は有意でなかった.
- 4. 糖組成のうち特にブドウ糖とショ糖の含量あるいは全糖中に占める割合と積算温度との間には強い相関が認められ、冷涼な産地ほどブドウ糖の割合が低下し、ショ糖の割合が増加した.
- 5. 本研究の結果から、果実品質を構成する形質の多くは気温ばかりでなく他の気象要因や栽培管理によっても強く影響されることが推察されたが、糖組成と積算温度との間には強い相関が認められ、果実の糖代謝に対する気温の影響が大きいことが示唆された.

謝 辞 本研究を遂行するに当たり,長年に亘る樹体の育成・管理並びに果実や資料のご提供にご配慮を頂いた北海道大学教授 田村 勉,弘前大学教授 菊池卓郎,新潟大学教授 黒井伊作,信州大学教授 熊代克已,石川農業短大教授 塩沢健士,静岡大学教授 岡本茂,三重大学教授 松島二良,鳥取大学教授 林 真二,広島農業短大教授 磯田竜三,愛媛大学教授 門屋一臣,九州大学教授 上本俊平の各先生並びに関係各位に深謝の意を表する。(肩書は当時)

引用文献

- CREASY, L. L. 1968. The role of low temperature in anthocyanin synthesis in 'McIntosh' apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 93:716-724.
- 広保 正・石井 弘・ユン バ ニユツ. 1974. ブドウ・ナシの糖類および有機酸の含量と産地. 千葉大園学報. 22:41-47.
- 3. 梶浦一郎・山木昭平・大村三男・秋浜友也・町田 裕. 1979. 東アジア産ナシ類の果実中に含まれる 糖成分の歴史的変化と糖組成についての主成分分 析による品種分類. 育雑. 29:1—12.
- 4. 河崎 進. 1986. 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟〔7〕. 北陸(富山県) におけるリンゴの 生育と気象. 農及園. 61:39—42.
- 小林 章・行永寿二郎・板野 徹. 1965. ブドゥの温度条件に関する研究(第3報). 成熟期の夜温が Delaware の熟期と品質に及ぼす影響. 園学雑. 34:26-32.

- 6. 熊代克已・建石繁明. 1967. 土壌湿度がリンゴ (紅玉)の樹体生長, 収量および果実品質に及ぼ す影響(第1報). 園学雑. 36:9-20.
- 7. 久米靖穂・工藤哲男. 1982. ふじの無袋栽培に関する研究. 第1報. 各種管理作業と果実品質向上の関係. 秋田果試研報. 14:1—17.
- 8. 國澤高明・橋本 登・加藤公道. 1985. 気象条件 とリンゴ果実の生育および 成熟 [5]. 東北南部 における リンゴの 生育と 気象. 農及園. 60: 1390-1394.
- 森 英男・山崎利彦. 1960. りんごのK栄養に関する研究. 第1報. 水耕培養したりんご樹の生育及び果実に対する K供給量の 影響. 東北農試研報. 18:44-56.
- 10. 中川行夫、1968. 果樹の気象的適地条件に関する 研究 (5). 世界のブドウ, リンゴ産地の気象解 析. 果試報. A. 7:111—143.
- 11. 小原信実. 1985. 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟[3]. 青森県における状況. 農及園. 60: 1148-1152.
- 12. SHARPLES, R. O. 1964. The effects of fruit thinning on the development of Cox's Orange Pippin apples in relation to the incidence of storage disorders. J. Hort. Sci. 39:224—235.
- 13. 塩入良貞. 1985. 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟〔6〕. 長野県におけるリンゴの生育と気象. 農及園. 60:1505—1511.
- 14. 鈴木 宏・久米靖穂. 1986. リンゴ「ふじ」の果実肥大と果実品質におよぼす気象の影響. 秋田果試研報. 17:1—12.
- 15. 苫名 孝・宇都宮直樹・片岡郁雄. 1980. 樹上に おける果実の温度環境に関する研究. リンゴ果実 の成熟に及ぼす果実温度の影響. 園学要旨. 昭55 春:156—157.
- 16. 宇都宮直樹・山田 寿・片岡 郁雄・苫名 孝. 1982. ウンシュウミカン果実の成熟に及ぼす果実 温度の影響. 園学雑. 51:135—141.
- 17. 渡辺久昭. 1985. 気象条件とリンゴ果実の生育および成熟〔2〕. 北海道におけるリンゴの生育と気象. 農及園. 60:915—917.
- WESTWOOD, M. N. 1962. Seasonal changes in specific gravity and shape of apple, pear and peach fruits. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 80:90-96.
- WESTWOOD, M. N. 1978. Temperate zone pomology. p. 205. Freeman. San Francisco.
- WILLIAMS, M. W. 1966. Relationship of sugars and sorbitol to watercore in apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 88:67-75.