細胞組織学的にみたナシ果実の発育と 肥料三要素との関係 (第3報)

枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成と果肉細胞の分裂増殖との関係

細井寅三・石田雅士・寺沼公士

(京都大学農学部)

T. HOSOI, M. ISHIDA and T. TERANUMA : Histological studies on
the fruit development of pears as related to the nitrogen,
phosphoric acid and potassium. III.

Relation between cell-division in the development of flesh and
compositions of carbohydrate and nitrogen in the shoot

Summary

1. With Japanese pears (Nijisseiki) grown under sand culture, the cell-division in the flesh development was studied from the standpoint of the nutrient contents of the dormant shoot. The very highly significant correlations existed between the cell number of a young fruit of April 20 (10 days after full bloom) and both the starch and total carbohydrate contents of the shoot of February 8. The respective coefficients were $r = +.958$ and $+ .947$. The cell number was correlated also with both the reducing sugar and total sugar significantly, with the respective coefficients of $r = +.602$ and $+ .700$.

However, the cell number was correlated negatively with each content of the nitrogen fractions, though not significantly.

2. Furthermore, on May 8 near the end of cell-division period of the flesh (28 days after full bloom), the cell number was observed in relation to the carbohydrate and nitrogen contents of the current shoot. The correlations were found negatively between the cell number and each content of the carbohydrate fractions, and positively between the cell number and each content of the nitrogen fractions, though not significantly.

I. 緒 言

第1報および第2報においてナシ果実の発育を細胞組織学的に観察し、果実の大きさはそれを構成する果肉細胞の数とその大きさによつて決定され、とくにその数に、より強く支配されることを報告した^(3,4)。また、1果実当たりの果肉細胞数は、樹体の貯蔵養分量によつて著しく影響されることもあわせて報告した⁽⁴⁾。

このたびは、砂耕法によつて前年の肥料3要素濃度を変えたナシ樹体の休眠期における炭水化物ならびに窒素の組成を明らかにし、それらと春季の果実発育初期における果肉細胞の分裂増殖との関係を究めようとした。

II. 実験材料および方法

本実験は京都大学農学部付属京都農場で、前報⁽⁴⁾の実験に引き続いて行なわれたものである。すなわち、5月下旬以後、砂耕液中の窒素(N)、りん酸(P_2O_5)および加里(K_2O)の各濃度を、それぞれ0, 40, 80および160 ppmとした区を設け(各要素とも80 ppmを標準濃度

とした)、果実収穫後の9月20日まで砂耕処理を継続した。これらの各区の樹について、2月8日に1年生枝梢を採取し、炭水化物(還元糖、しよ糖、全糖、でん粉、全炭水化物)および窒素(可溶性窒素、不溶性窒素、全窒素)の各組成を分析定量した。

このような全個体に対して、早春発芽前(3月20日)より一様に標準砂耕液(N, P_2O_5 , K_2O ともに80 ppm)を灌注し、着生した果実の果肉細胞の分裂期の中ごろ(4月20日、満開後10日)に1果実当たりの果肉細胞数を前年の肥料処理区別に比較した。そして、前記の枝梢内各成分含量との間の相関関係を調査した。

さらに同じ材料について、果実の細胞分裂停止期にあたる5月8日(満開後28日)に新梢を採取して前記の各成分を分析定量するとともに、1果実当たりの果肉細胞数を調べて、両者の間の相関関係を求めた。

本実験における分析は、窒素はセミマイクロキエルダール法、炭水化物は3, 5ジニトロサルチル酸法によつた。なお、砂耕処理の方法や果肉細胞数の調査法などはすで

1964年10月13日受理

Table 1. Compositions of carbohydrate and nitrogen in the dormant shoot as affected by N, P₂O₅ and K₂O applications in the previous year. (% dry weight)

Nutrient concent. in cult. solu. of the previous year	Carbohydrate					Nitrogen		
	Reducing sugar	Non-reduc- ing sugar	Total sugar	Starch	Total carbohydrate	Soluble N	Insoluble N	Total N
ppm	%	%	%	%	%	%	%	%
N-160	1.05	1.10	2.15	11.61	13.76	0.29	0.99	1.28
80	1.20	1.56	2.76	13.01	15.77	0.22	0.94	1.16
0	0.87	0.93	1.80	12.45	14.25	0.12	0.75	0.87
P-160	1.62	0.89	2.51	13.95	16.46	0.20	0.80	1.02
80	1.20	1.56	2.76	13.01	15.77	0.22	0.94	1.16
40	0.80	1.21	2.01	10.41	12.42	0.21	1.13	1.34
0	0.42	1.59	2.01	9.28	11.29	0.24	0.91	1.15
K-160	0.53	2.43	2.96	13.73	16.69	0.23	0.91	1.14
80	1.20	1.56	2.76	13.01	15.77	0.22	0.94	1.16
40	0.77	1.48	2.25	11.66	13.91	0.26	0.90	1.16
0	0.31	1.89	2.20	11.25	13.45	0.32	1.07	1.39

Sampled on February 8

に報告^(3,4)したとおりである。

III. 実験結果

1. 冬季の枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成と果肉細胞の分裂増殖との関係

前年に施された N, P₂O₅ および K₂O 濃度と冬季(2月8日)の枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成との関係は第1表のとおりである。すなわち、N濃度の上昇に伴って可溶性窒素および不溶性窒素がともに著しく増加したが、炭水化物についてはいずれの形態のものも N-80 ppm 区において最高の値を示した。P₂O₅ 濃度の変化では、その上昇につれて還元糖、でん粉および全炭水化物が増加したが、不溶性窒素および全窒素は 40 ppm 以上

の濃度では減少する傾向がみられた。K₂O 濃度については、その上昇に伴って全糖、でん粉、全炭水化物が増加したが、可溶性窒素、不溶性窒素、全窒素は逆に減少する傾向がみられた。

冬季にこのような枝梢内成分組成を示した各区の樹に着生した果実について、細胞分裂期の中ごろにあたる4月20日に、果径ならびに果肉細胞数を調査した結果は第2表のとおりである。すなわち、N および K₂O 処理では 80 ppm で、また P₂O₅ 処理では 160 ppm で幼果の発育がもつともすぐれ、果肉細胞数も幼果の発育量とほぼ一致して変化した。

そこで、これらの果肉細胞数と冬季の枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成との間の相関係数を求めた結果は第3表のとおりである。すなわち、果肉細胞数は冬季の枝梢内炭水化物の諸形態含量といずれも正の相関関係にあ

Table 2. Fruit diameter and flesh cell number of a fruit in the early stage of cell-division as affected by N, P₂O₅ and K₂O applications in the previous year.

Nutrient concentration in culture solution of the previous year	Fruit diameter	(April 20)	
		Flesh cell number per fruit	
ppm	mm	× 10 ⁵	
N-160	3.4	4.15	(88)
80	3.6	4.73	(100)
0	3.5	4.61	(98)
P-160	3.7	4.82	(102)
80	3.6	4.73	(100)
40	3.2	4.09	(86)
0	3.2	3.85	(81)
K-160	3.5	4.71	(100)
80	3.6	4.73	(100)
40	3.6	4.48	(95)
0	3.5	4.29	(91)

Table 3. Correlations between flesh cell number of a fruit in the early stage of cell-division and each content of carbohydrate and nitrogen fractions in the dormant shoot.

Variable	Correlation coefficient
Reducing sugar	+ .602*
Non-reducing sugar	+ .062
Total sugar	+ .700*
Starch	+ .958**
Total carbohydrate	+ .947**
Soluble N	- .511
Insoluble N	- .169
Total N	- .508

* Significant at the level of .05

** " " .01

り、逆に窒素の諸形態含量とは負の相関関係にあつた。とくに、でん粉および全炭水化物含量ときわめて密接な関係にあり（相関係数はそれぞれ +0.958, +0.947 でいずれも 1% 水準で有意）、また還元糖および全糖含量ともかなり高い相関関係（それぞれ +0.602, +0.700 でいずれも 5% 水準で有意）にあることがうかがわれた。なお、窒素成分との間には有意相関は得られなかつたが、いずれも負の関係にあつた。

2. 細胞分裂停止期における枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成と1果実当たりの果肉細胞数との関係

Table 4. Fruit diameter and flesh cell number of a fruit at the end of cell-division period as affected by N, P₂O₅ and K₂O applications in the previous year.

(May 8)

Nutrient concentration in culture solution of the previous year	Fruit diameter	Flesh cell number per fruit
ppm	mm	× 10 ⁶
N-160	13.9	7.93 (105)
80	14.2	7.58 (100)
0	14.0	6.54 (86)
P-160	14.2	7.61 (100)
80	14.2	7.58 (100)
40	14.5	7.55 (100)
0	14.3	7.58 (100)
K-160	14.5	7.00 (92)
80	14.2	7.58 (100)
40	14.0	7.03 (93)
0	13.8	6.73 (89)

果肉細胞の分裂停止期ごろの5月8日に新梢を採取して炭水化物ならびに窒素の各成分含量を分析定量し、同時に1果実当たりの果肉細胞数を調査した。その結果は第4表および第5表のとおりである。まず、果肉細胞数についてみると、この時期ごろになると冬季の貯蔵養分量による影響のほか、すでにその年に施された肥料処理の影響が加わってくるためにか（その年は発芽前からすべての個体に同じ標準砂耕液を与えた）、前回の調査結果とはかなり異なつた様相を示した。すなわち、前年の肥料処理におけるN濃度の間では濃度の高いもののほど細胞数が多く、K₂O濃度の間では80 ppmまでは濃度の上昇に伴つて細胞数が増加し、160 ppmではかえつて減少した。P₂O₅濃度の間では細胞数についてほとんど大きな相違はみられなかつた。

次に分裂停止期ごろにおける新梢内炭水化物ならびに窒素の各成分含量についてみると、いずれの区においても冬季の値に比べて炭水化物の各含量はいちじるしく減少し、逆に窒素の各含量はいちじるしく増加した。前年の肥料要素の各濃度の間では、N濃度の高かつたものはこの時期においてもなお可溶性および不溶性の窒素がともに高く、還元糖および非還元糖はともに低い値を示した。炭水化物の中でもつとも含量の多いでん粉については、0 ppmでもつともその含量が高く、ついで160 ppm, 80 ppmの順に低下した。結局、それらを合わせた全炭水化物含量では、N-0 ppmでもつとも高く、80 ppmと160 ppmの間ではほとんど相違がみられなかつた。P₂O₅濃度の間では、炭水化物ならびに窒素の各含量とも40 ppmでもつとも高く、それよりも濃度が高くても低くて

Table 5. Compositions of carbohydrate and nitrogen in the current shoot at the end of cell-division period as affected by N, P₂O₅ and K₂O applications in the previous year.

(% dry weight)

Nutrient concent. in cult. solu. of the previous year	Carbohydrate					Nitrogen		
	Reducing sugar	Non-reduc- ing sugar	Total sugar	Starch	Total carbohydrate	Soluble N	Insoluble N	Total N
ppm	%	%	%	%			%	%
N-160	0.42	0.10	0.52	5.81	6.33	0.42	1.57	1.99
80	0.49	0.25	0.74	5.58	6.32	0.25	1.49	1.74
0	0.61	0.26	0.87	6.39	7.26	0.24	1.47	1.71
P-160	0.46	0.08	0.54	7.07	7.61	0.25	1.47	1.72
80	0.49	0.25	0.74	5.58	6.32	0.25	1.49	1.74
40	0.47	0.53	1.00	8.37	9.37	0.45	1.67	2.12
0	0.49	0.39	0.88	6.62	7.50	0.34	1.58	1.92
K-160	0.70	0.64	1.34	7.83	9.17	0.25	1.38	1.63
80	0.49	0.25	0.74	5.58	6.32	0.25	1.49	1.74
40	0.51	0.75	1.26	6.89	8.15	0.42	1.66	2.08
0	0.34	0.24	0.58	6.30	6.88	0.21	1.36	1.57

Sampled on May 8

Table 6. Correlations between flesh cell number of a fruit and each content of carbohydrate and nitrogen fractions in the current shoot at the end of cell-division period.

Variable	Correlation coefficient
Reducing sugar	-.333
Non-reducing sugar	-.386
Total sugar	-.390
Starch	-.202
Total carbohydrate	-.268
Soluble N	+.378
Insoluble N	+.415
Total N	+.406

も含量が低下する傾向がみられた。 K_2O 濃度の間では、炭水化物は総じて 160 ppm において、また窒素は 40 ppm においてもつとも高い値が得られた。窒素含量については、可溶性および不溶性ともに K_2O 濃度が 40 ppm より高くなつても低くなつても減少する傾向がみられた。

そこで、これらの炭水化物ならびに窒素の各成分含量と 1 果実当たりの果肉細胞数との間の相関関係を、それぞれ前回と同様な方法で調査した。その結果は第 6 表のとおりで、いずれの成分要素についても有意な相関は得られなかつた。しかし傾向としては、果肉細胞数は炭水化物の各含量とは負の関係にあり、また窒素の各含量とは正の関係にあることがうかがわれた。

IV. 考 察

樹体内の貯蔵養分量の多少が翌春の果実発育に密接に関係することについてはすでに 2, 3 の報告^(2,5)があるが、この場合、果実の大きさに示される相違は、主として果肉細胞の数によることがナシについて明らかにされている⁽²⁾。

筆者は本実験において、貯蔵養分としての炭水化物や窒素の組成の中でどのような形態の成分が果実の細胞分裂にもつとも密接に関係するかを明らかにしようとした。その結果、果肉細胞の分裂中期にあたる 4 月 20 日の調査では、炭水化物組成の中で含量割合のもつとも高いでん粉が果肉細胞の分裂に対してもつとも支配的な影響を及ぼし、ついで還元糖の影響が強かつた。窒素組成については、可溶性および不溶性ともに炭水化物の各成分ほど果肉細胞数との間に密接な関係はみられなかつたが、可溶性窒素は細胞数との間にかなり高い負の相関関係があつた。すなわち、全般的にみて、果肉細胞の分裂は、冬季の枝梢内に炭水化物成分の多いものほど促進され、逆に窒素成分の多いものほど抑制される傾向にあつた。

しかし、細胞の分裂停止期にあたる 5 月 8 日の調査では、果肉細胞数と新梢内成分含量との間には、冬季の成分含量とは逆の傾向が存するようであつた。すなわち、炭水化物成分の多いものにおいて細胞数が劣り、窒素成分の多いものにおいて細胞数がすぐれる傾向があつた。

以上の 2 つの時期における調査結果から考察すると、果実の大きさを決定する重要な要因である果肉細胞の分裂を盛んにするためには、冬季における枝梢内に炭水化物をじゅうぶん蓄積させ、かつ、春早くから窒素の吸収を促進させることが有利であることが教えられた。

V. 摘 要

1. 二十世紀ナシを約 1 か年間砂耕し、施す窒素、りん酸および加里濃度を変えることによつて、冬季の枝梢内炭水化物（還元糖、非還元糖、全糖、でん粉、全炭水化物）ならびに窒素（可溶性窒素、不溶性窒素、全窒素）の組成を人為的に変化させ、それらの組成と春季の果肉細胞の分裂増殖との関係を明らかにしようとした。

2. 冬季（2 月 8 日）における枝梢内炭水化物組成については、でん粉が圧倒的に高い含量割合を示したが、その含量と各要素濃度との関係は、窒素では 80 ppm においてもつとも含量が高く、ついで 0 ppm, 160 ppm の順であつた。しかし、りん酸および加里濃度の間では、0~160 ppm の範囲において濃度の高いものほど含量が高い傾向がみられた。窒素組成については、各成分とも窒素の施用濃度の上昇に伴つて明らかに増加したが、りん酸および加里濃度の間では、総じて濃度の高いものほど減少する傾向がみられた。

3. 冬季の枝梢内炭水化物ならびに窒素の組成と果肉細胞数（4 月 20 日、満開後 10 日）との間の相関関係を調べた結果、果肉細胞数はでん粉および全炭水化物含量ときわめて高い正の相関関係（ $r=+0.958$, $+0.947$, いずれも 1% 水準で有意）にあり、また還元糖および全糖含量とかなり高い正の相関関係（ $r=+0.602$, $+0.700$, いずれも 5% 水準で有意）にあることが明らかとなつた。なお有意相関は得られなかつたが、果肉細胞数は総じて窒素成分とは負の関係にあることがうかがわれた。

4. 細胞分裂停止期ごろ（5 月 8 日、満開後 28 日）における新梢内炭水化物ならびに窒素の各組成と果肉細胞数との関係を調査した結果、いずれの成分についても有意相関は得られなかつたが、傾向としては果肉細胞数は炭水化物成分とは負、窒素成分とは正の関係にあることがうかがわれた。

本研究の実施ならびに本報告の取りまとめに当たつては、京大小林 章教授の御懇篤な御指導御教示を賜つた。記して深謝の意を表する。

引用文献

1. 林 真二. 1959. 果樹栽培生理新書「梨」(朝倉書店).
2. ————. 1956. 二十世紀梨の貯蔵養分並びに養分転換期. 農及園. 31(2): 333—335.
3. 細井寅三・門屋一臣・湯田英二. 1964. 細胞組織学的にみたナン果実の発育と肥料三要素との関係(第1報). 4カ年継続の砂耕試験成績. 園学雑. 33(1): 29—34.
4. ————・石田雅士. 1964. 同(第2報). 果肉細胞の分裂期および肥大期における三要素の施用効果について. 園学雑. 33(2): 96—100.
5. 小林 章. 1953. 落葉果樹の施肥期の問題. 農及園. 28(2): 241—245.

抄 録

摘果がリンゴ果実の発育ならびに生理障害の発生に及ぼす影響

隔年結果などで結実量が少ない場合には、果実はいちじるしく大玉となり貯蔵中に種々の生理障害が発生しやすくなるといわれている。本実験ではリンゴ Cox's Orange Pippin 種について摘果が果実の発育ならびに貯蔵中の生理障害の発生に及ぼす影響を調べた。この品種は英国の条件下ではあまり隔年結果性を示さないもので、大果をうるために強度の摘果を行なつた。摘果は満開(5月19日)5週後に行ない100果そう当たり約20~25果としたが、その後自然落果もあつたので最終的には摘果区8果、無摘果区127果の割合となつた。摘果後収穫期まで果実の肥大、細胞の分裂と肥大、呼吸率および無機成分の消長を調べるとともに収穫期については低温で貯蔵し、生理障害の発生を調べた。

その結果、果実の肥大に対する摘果の効果は摘果20日後ごろから明らかにあらわれ、収穫期の9月下旬には摘果区の果重は無摘果区の約2倍に達した。細胞分裂は7月13日ごろまでに終わっており、摘果区の細胞数は無摘果区に比べてわずかながらふえていた。一方、細胞の大きさについては摘果後3週目ごろより差があらわれはじめ、収穫時には摘果区に比べて80%大となつた。したがつて、摘果による果実の肥大効果は主に細胞の肥大によるものといえる。

呼吸率は生体重当たりでは7月以降摘果区においてつねに高く、climacteric rise にはいる時期は無摘果区に比べて19日も早まつていた。細胞当たりの呼吸率も同様に摘果区の方が大であつたが、単位たん白質当たりの

呼吸率は無摘果区との間に差は認められなかつた。

無機成分では P, K, Mg 含量(生体重当たり)が発育全期間を通して摘果区で高く、Ca には差は認められなかつた。

つぎに、貯蔵中の生理障害については、満開131日後に収穫した果実(無摘果区ではさらに19日後にも収穫した)を32~37°Fで貯蔵し生理障害の発生率を調べるとともに、一部の果実は *Gloeosporium perennans* 菌の懸濁液に浸したのち、菌による腐敗果の発生率を調べた。その結果、菌による腐敗果および低温による breakdown の発生率は摘果、無摘果両区の間には差は認められなかつたが、Bitter pit および過熟による breakdown は摘果区でいちじるしく多く発生した。このような貯蔵中の生理障害の発生は摘果による細胞の大型化と、K, Mg 含量の増加と関連があるものと考えられる。

なお、本実験では摘果を比較的早期に、しかも実際栽培では行なわないうくらい強度に行なつたものであるが、これよりも軽度な摘果を細胞分裂末期に行なつた場合でも、最適収穫期もいくらか早くなり、生理障害の発生も多くなる可能性が考えられるから、Bitter pit や breakdown の生じやすい園では摘果にさいしてこの点とくに注意する必要がある。(杉浦 明)

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,