二十世紀梨の柚肌病に関する研究 (第2報)

水分不足と柚肌発生について*

林 真二・脇坂 幸雄

(鳥取大学農学部)

S. HAYASHI and I. WAKISAKA : Studies on "yuzuhada"
disorder of fruits of Nijisseiki pear (*Pyrus serotina*). II.
Development of "yuzuhada" as related to water deficit

I. 緒 言

前報 (1955) においては、健全樹と柚肌発生樹につき葉及び果実の滲透圧の日変化を比較し、その結果より柚肌果は樹体の水分不足が原因で発生するものと推測し、実際にポットに植えた結実樹を7月頃極端な乾燥状態におくと、柚肌果の発現することを述べた。

従つて、本報においては、実際栽培園の柚肌発生樹がどの程度の水分不足の状態にあるものかを調査すると共に、健全樹が水分不足の状態になると、その果実の發育肥大がどのように変るものかを観察した結果について報告する。

本実験を行うに当り種々御指導と御便宜を受けた遠山教授、鳥取農試木下技師及び米山技師、また御校閲を戴いた京都大学小林教授に深甚なる謝意を表すると共に秋藤宏之、伊藤憲男両氏の御援助を併せて深く感謝する次第である。

II. 実験方法並びに成績

A. 樹体内の水分不足と柚肌発生との関係

実際栽培の柚肌発生園において、柚肌発生樹と正常樹につき、体内の水分状態を比較した。

1. 材料及び方法

材料：鳥取県八頭郡河原町の約20年生の園において、1953年より柚肌発生を調査し、その中最も発生の著しいと思われる樹を調査材料として選んだ。その発生割合は1953年、54年及び55年において夫々90%、91%及び95%である。別に第1報に述べた鳥取大学農学部果樹園の柚肌発生樹 (1954年66%、1955年100%発生) をも用いた。標準樹としては、その発生樹に隣接する正常樹を用いた。

方法：体内の水分不足の程度を知る方法としては、短果枝上の成葉を50~60枚葉柄をつけて摘み、直ちに

* 本研究の概要は昭和30年園芸学会秋季大会において発表 1956年1月13日受理

リーフパンチで同化作用測定の方法によつて、対称部分を残して100枚打ち抜き、その水分含量を求めた (圃場の葉の水分含量)。次にその打抜いた残りの部分の葉の葉柄を切り戻し、底部に金網を張つた大型の蓋付瓶に水を入れて挿し、蓋をして18時間吸水させた。容器中の湿度は95~100%であつた。かようにしてその葉を充分吸水飽和させた後に、残された対称部分を打抜いて、飽和水分含量を求めた。水分含量は100~105°Cの恒温器中に24時間置いて乾物重を秤量し、水分重を乾物重で除して求めた。水分不足の程度は、飽和水分含量と圃場における葉の水分含量の差及び飽和水分含量に対する圃場の葉の水分含量の割合とを求めたが、両者は同一の傾向を示し前者の方が簡単でしかも差が明確であつたので、前者を水分不足度として示した (第1表)。

なお水分不足度測定の時時刻に、同一材料の葉及び果実の滲透圧を、第1報に述べた氷点降下法によつて測定した。

2. 結果と考察

i. 鳥取大学農学部附属農場における成績

鳥取大学農学部附属農場果樹園の結果を第1表及び第1図に示した。

第1図 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧
(鳥取大学農学部面影果樹園 1955. 7. 29)

第1表 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧（鳥取大学農学部面影果樹園，1955，7，29）

時刻	樹別	圃 場 葉				飽 和 葉				水分不足度		滲 透 圧 atm.		
		生体重	乾物重	水分重	水分%	生体重	乾物重	水分重	水分%	A*	B**	葉	果実	差
A. M.	標 柚	2.587 ^g	0.992 ^g	1.595 ^g	160.78	2.710 ^g	0.975 ^g	1.735 ^g	174.37	13.59	92.2	14.68	13.24	1.44
		2.631	1.043	1.588	152.29	2.751	1.020	1.731	169.74	17.45	89.7	14.92	14.32	0.60
10	標 柚	2.611	1.109	1.502	135.40	2.715	1.075	1.640	152.42	17.02	88.8	18.28	14.20	4.08
		2.570	1.079	1.491	138.18	2.741	1.043	1.698	162.79	24.61	84.9	19.72	15.40	4.32
P. M.	標 柚	2.643	1.133	1.510	133.29	2.777	1.083	1.694	156.41	23.12	85.2	20.92	15.28	5.64
		2.665	1.183	1.482	125.27	2.831	1.129	1.702	150.78	25.51	83.1	22.96	15.76	7.20
6	標 柚	2.682	1.108	1.574	142.05	2.774	1.067	1.707	159.99	17.94	88.8	17.20	14.08	3.12
		2.804	1.191	1.613	135.46	2.888	1.122	1.766	157.39	21.93	86.1	20.04	15.00	5.04

備考 * 飽和葉水分%-圃場葉水分%， ** $\frac{\text{圃場葉水分\%}}{\text{飽和葉水分\%}} \times 100$

即ち、この結果から柚肌発生樹は、午前6時より午後6時までの間では、何れの時刻においても、標準樹より水分不足の程度が大きい。1955年は乾魃の年で本実験を行つた7月下旬は、水分欠乏の最も著しい時で、標準樹においても早朝より相当の水分不足を示している。

次に滲透圧をみるに、柚肌発生樹の葉の滲透圧が、日中から夕刻において特に標準樹より高く、第1報に報告した如く、柚肌発生樹は葉と果実の著しい滲透圧の差を夕刻遅くまで維持している。果実の滲透圧も夫々の時刻における差異は、誤差に近い程度のもも認められるが、全体としてみると標準樹より幾分高くなつてることが明らかで、特に早朝より高い点は、この年の著しい乾魃による連日の集積結果と考えられる。

ii. 鳥取県八頭郡河原町における成績

鳥取県八頭郡河原町の柚肌発生園において、同一樹について5月から8月まで各月下旬に測定した結果を述べる。

a) 5月における測定結果

5月下旬における測定結果は第2図の通りである。

これによると、5月下旬頃においても晴天で葉面蒸散の盛な日においては、柚肌発生樹は正常樹より幾分水分不足の程度が大きい。

健全な標準樹について水分不足度をみると、午前2時に最低を示し、午後2時に最高を示しその各々の時刻の飽和水分含量を100とすると午前2時には98.5、午後2時には88となつてゐる。柚肌発生樹では傾向は同様であるが、特に日の出後急速に水分不足の程度を増すこと、夕刻において標準樹よりかなり高い水分不足を示している点に差異が認められる。しかしその標準樹との差異は、後述する7月の高温乾燥期程に著しくはない。なお

第2図 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧
5月26～27日晴天

備考 5月24日に約30耗の降雨あり

26日午後6時の測定値に傾向のみだけが見られるが、これは午後4時に薬剤撒布が行われた結果によるものである。

次に葉と果実の滲透圧の差が著しく表現されているが、この頃には多くの若葉が存在し、若葉の滲透圧が成葉より2～2.5気圧程度低いこと（第1報）より考えると、葉と果実の滲透圧の差は大体5気圧以下になるものと考えられる。

b) 6月における測定結果

6月下旬における測定結果は第3図の通りである。

これによると、6月も大体5月と同様であるが、特に夕刻6時において柚肌発生樹が標準樹に比し、著しく高い水分不足度を示し、また葉の滲透圧も高くなつてゐる。このことは、柚肌発生樹では高温と強い日照による著しい葉面蒸散に対して、根からの水分吸収補給が正

第3図 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧
6月23日晴天

備考 6月15~18日約50%の降雨以後晴天

常樹に比し劣る結果によるものと思われる。

第1報において、葉と果実の滲透圧の差が約5気圧以上になると、果実の水分に影響のあるであろうことを述べたが、本結果においてみるに、標準樹が午後2時に約7気圧、午後6時に約4気圧の差を示しているのに対し、柚肌発生樹では午後2時に約9気圧、特に午後6時においてもなお約7気圧の差を示している。

c) 7月における測定結果

乾燥の最も著しかった7月下旬に灌水を行って実験した結果は第4図の如くである。

第4図 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧
7月20~21日晴天、灌水との関係
備考 1本当たり約9斗灌水

即ち、7月下旬では6月に続いて更に高い水分不足状態を示し、標準樹との差も早朝より夕刻まで著しい差を示している(第4図左)。灌水後においては標準樹、柚肌発生樹何れも水分不足の程度が低くなっているが、標準樹に比し柚肌発生樹は水分不足の低くなる程度が小さく、午後2時及び6時において標準樹より極めて高い水分不足程度を示している(第4図右)。このことは柚肌発生樹では、土壌水分が充分豊富にあつても、夏の著しい葉面蒸散に対する根からの水分補給が充分行い得ないものと推測される。

葉と果実の滲透圧の差も水分不足度と同傾向を示し、灌水前の日中において標準樹7.5気圧、柚肌発生樹7.5気圧、灌水後の日中において標準樹約5気圧、柚肌発生樹約7気圧となり、更に午後6時においても柚肌発生樹はなお5.5気圧程度の差を示している。

d) 8月における測定結果

8月下旬の曇天日において行つた結果は第5図の如くである。

第5図 柚肌発生樹の水分不足度と滲透圧
8月27日曇天

この結果は乾魃の末期で土壌は、乾燥によつて地表面に大きな亀裂の現れるような状態の時のものであるが、このような状態においても曇天日には水分不足の程度は低く、また柚肌発生樹においても標準樹より僅か高いが、大差のない傾向を示している。この頃には果実の滲透圧が高くなり、葉と果実の滲透圧の差は午後2時において標準樹約4気圧、柚肌発生樹約5気圧である。なおこの時期においては、果実は既に柚肌を発現し、柚肌発生樹の果実は熟度が早く進み滲透圧においても標準との間に顕著な差が見られる。

B. 乾燥処理による柚肌の人為的発生

第1報において報告した結果は、幼樹で結果数少く実

験に不備の点も考えられたので、これを更に確かめる目的と後述の果実の発育を知るために行つた。

1. 材料及び方法

前報同様に植えられた7年生及び4年生の結実樹について、1955年5月より8月の間、各月の下旬毎にポットの水を切り、初期萎凋状態で9～12日間保つた。6月と7月は乾燥の程度が強く途中萎凋が回復する程度に僅か灌水し、これを3～4回反覆した。なお不定期乾燥区として特別に土壌を粗い川砂とし、標準樹同様に灌水を行つても、夏期の晴天の日中には水分不足の程度が著しくなるようにしたものを設けた。満洲マメナシ砧二十世紀は前報同様に育成した材料である。

2. 結果と考察

i. ニホンヤマナシ砧二十世紀の場合

結果は第2表の如くである。

第2表 時期別乾燥による柚肌発生（1955）

砧木別	乾燥時期	結果数	健全果	疑問果	柚肌果	柚肌割合(%)
ニホンヤマナシ砧 7年生	5月下旬	15	13	1	1	8
	6月下旬	20	5	2	13	61
	7月下旬	19	0	1	18	95
	8月下旬	12	11	0	1	8
	標準 A	22	20	1	1	5
	標準 B	18	17	1	0	0
ニホンヤマナシ砧 4年生	5月下旬	6	5	1	0	0
	6月下旬	9	4	2	3	33
	7月下旬	10	0	0	10	100
	不定期	13	4	1	8	62
満洲マメナシ砧 4年生	5月下旬	7	7	0	0	0
	6月下旬	6	5	1	0	0
	7月下旬	8	6	0	2	25
	不定期	31	12	2	17	55

即ち、ニホンヤマナシ砧二十世紀7年生及び4年生の結果をみるに、柚肌発生割合は6月下旬処理区に夫々61%、33%を示し、7月下旬処理区で95%、100%の発生となつている。第1報において各月の上旬毎に乾燥処理を行つた結果では、7月上旬区のみ発生している。従つて柚肌発生を最も誘起し易い時期は6月下旬より7月と考察される。本年の結果が6月下旬の区において相当の柚肌を発生したことは、梅雨期において曇雨天が少く、本実験処理時の天候が著しい高温と日照による結果と推測され、例年のような天候であれば実際においても、またこのような土壌乾燥処理を行つても水分不足の程度が弱く、柚肌の発現は少いものと思われる。

ii. 満洲マメナシ砧二十世紀の場合

結果は第2表の通りである。即ち、同様な処理をした

ニホンヤマナシ砧では6月下旬区33%、7月下旬区100%であるのに対して、満洲マメナシ砧二十世紀ではそれぞれ0%、25%となつている。従つて、従来報告されている如く、満洲マメナシ砧二十世紀では発生が著しく少い。しかし、満洲マメナシ砧二十世紀でも、夏期長期間に亘つて日中の水分不足が強く維持されるように栽植した不定期乾燥区では、ニホンヤマナシ砧のものと同様に多くの柚肌を発生している。以上のことは、満洲マメナシ砧の優秀性と共に、たとえ満洲マメナシ砧を使用しても著しく環境条件の悪い場合には、柚肌が発生することを意味している。なお6月下旬及び7月下旬処理区の柚肌発生時期は、個々の果実及び樹によつて幾分の差異が認められたが、大体第1報同様処理後25～30日後の7月下旬より8月であつた。

C. 水分不足と果実の昼夜別肥大

樹が水分不足の状態になると、果実の発育が如何に変わるか、また柚肌発生樹の果実発育の様相が、夏期晴天日の水分不足の著しい時に正常樹と異なるものかについて実験を行つた。

1. 材料及び方法

前述の乾燥処理による柚肌の人為発生についての実験の際に次の方法で測定を行つた。

即ち、果実の大きさ及び位置を考慮してほぼ等しいと思われる果実5個を1群とし、果実の最大横径面に小さな黒点をつけ、この黒点間を1/20 耗読のキャリパーで厳密に測定した。測定時刻は午前6時と午後6時とし、1日の発育を昼夜別に分けた。

柚肌発生樹は水分不足程度の測定を行つた樹を用い、同様の方法で測定した。測定時期は6月下旬、7月下旬それぞれ水分不足の実験時に行つた。なお2～4群の測定値から平均をとり比較検討した。

2. 結果と考察

i. 正常樹についての調査

7月下旬に乾燥処理を行つた樹の結果を示すと第6図の如くである。

これによると果実は晴天の日中においては収縮し、夜間に肥大をすることが明らかである。乾燥処理樹では、土壌水分の減少に従つて日中の収縮が標準樹より著しくなり、乾燥の初期においては夜間の肥大が逆に標準樹より大きく、昼間の収縮を補っている。即ち、乾燥処理による水分不足樹では、日中の収縮と夜間の肥大が何れも大となり、収縮と肥大の振幅が大きくなつている。更に土壌水分が減少して圃場含水量より下ると、その振幅は益々大きくなつている。萎凋近くでは昼間の収縮と夜間の肥大が同程度となり（即ち果実は大きくならない）、萎

第6図 乾燥処理と果実の昼夜別肥大
(7年生鉢植樹, 5個平均 1955年7月)

備考 イ: 19日午前6時より午後6時までの肥大(昼)
ロ: 19日午後6時より20日午前6時までの肥大(夜)
以下同様

第3表 柚肌発生樹の果実の昼夜別肥大 6月22-24日 (1955)

樹別	群別	肥大経過					果実の大きさ		総肥大量
		22	23	23	24	24	6.22	6.24	
		P. M. 6	A. M. 6	P. M. 6	A. M. 6	P. M. 6	P. M. 6	P. M. 6	
柚肌発生樹	1	0.50 ^{mm}	-0.20	0.70	-0.20		34.70	35.50	0.80
	2	0.45	-0.25	0.80	-0.35		30.90	31.55	0.65
	3	0.45	-0.35	0.75	-0.25		34.30	34.90	0.60
	4	0.50	-0.30	0.80	-0.20		31.05	31.85	0.80
	5	0.60	-0.40	0.65	-0.15		33.90	34.60	0.70
	平均	0.50	-0.30	0.74	-0.23		32.97	33.68	0.71
標準樹	1	0.40	-0.15	0.60	-0.05		30.30	31.10	0.80
	2	0.35	-0.15	0.55	-0.05		33.70	34.40	0.70
	3	0.40	-0.25	0.60	-0.05		34.15	34.85	0.70
	4	0.35	-0.15	0.45	0		32.25	32.90	0.65
	5	0.50	-0.25	0.65	-0.15		31.75	32.50	0.75
	平均	0.40	-0.19	0.57	-0.06		32.43	33.15	0.72

凋後においては夜間の肥大が小さくなり、遂には殆ど肥大しなくなっている。以上のことは、第1報で報告した土壌水分が初期萎凋点と圃場容水量の中程になると果実の水分が減少し、滲透圧の上昇が認められたことと一致している。なお灌水をすると急激に極端な肥大を示している。

6月下旬の乾燥処理樹の結果も同様の傾向を示した。8月下旬の収穫期近くでは、個々の果実の間のふれが大きく、また曇雨天も多く一定の傾向が認められなかった。

別に、3年生の幼樹(結果数2~5個)について随時行つた結果から、途中曇雨天があると果実は昼間も肥大を続け、人為的に室内に入れて曇天状態としたものでは、その發育量は少いが昼夜とも1週間余り連続的に肥大した(末期には葉は黄変する)。従つて乾燥処理中においても曇雨天があり、葉面蒸散の抑えられる時には果実は収縮せず、土壌水分以外の葉面蒸散に關係する環境要素が肥大収縮に著しく關係する。

ii. 柚肌発生樹についての調査

柚肌発生樹について、前述の水分不足度の実験を行つた時に測定した結果は第3表、第4表及び第7図の如くである。

即ち、6月下旬の結果によると、柚肌発生樹の果実が正常樹のものに比し、夜間の肥大日中の収縮何れも大となつてゐる。そしてこの場合総發育量は兩者の間に差異が認められない。次に前述の灌水をして水分不足の実験をした場合における7月の結果(第4表及び第7図右)を見るに、標準樹では日中に収縮がみられず僅かながら肥大しているのに対し、柚肌発生樹では日中の収縮が認められる。そしてこの場合においても、測定期間中の総肥大量は兩者の間に差が認められない。

以上のことは、柚肌発生樹では昼間の収縮も大きいのが夜間の肥大も大きい傾向を示し、換言すれば、果実の發育過程における収縮と肥大の振幅が大きいと云える。このことは、前述の乾燥処理によつて水分不足の状態にした場合、萎凋前後に至るまでの間、果実の収縮肥大の振幅が大きくなったことと一致する。そしてそれらの乾燥処理による水分不足が柚肌を發現したこと及び柚肌発生樹の水分不足の大きいこと、更に実際に収穫時において柚肌果が健全果より必ずしも小さくない点を考えると、柚肌は乾燥による水分不足の結果、果実の収縮肥大の振幅が大きくなることによつて、果肉組織内に変化があらわれ惹起されるものと考えられる。

III. 総合考察

1. 柚肌発生樹の水分不足度

果樹における葉の水分不足度(water deficit)につ

第4表 柚肌発生樹の果実の昼夜別肥大，灌水した場合 7月20～23日（1955）

樹別	群別	肥 大 経 過							果実の大きさ		総肥 大量
		7. 20	21	21	22	22	23	23	7. 20	7. 23	
		P. M. 6	A. M. 6	P. M. 6	A. M. 6	P. M. 6	A. M. 6	P. M. 6	P. M. 6	P. M. 6	
柚肌発生樹	1	0.90 ^{mm}	-0.10	0.75	-0.05	0.85	-0.10		49.55	51.80	2.25
	2	0.80	-0.15	0.75	-0.20	1.00	-0.15		50.45	52.45	2.00
	3	0.75	-0.15	0.80	-0.10	0.75	-0.05		50.05	52.05	2.00
	平均	0.82	-0.13	0.75	-0.12	0.87	-0.10		50.01	52.10	2.09
標準樹	1	0.70	0	0.65	0.05	0.60	0		50.50	52.50	2.00
	2	0.60	0	0.65	0.10	0.50	0.15		50.25	52.25	2.00
	3	0.65	0.15	0.60	0.10	0.45	0.20		50.15	52.30	2.15
	平均	0.65	0.05	0.63	0.08	0.52	0.12		50.30	52.35	2.05

備考 1本当り9斗灌水

第7図 柚肌発生樹の果実の昼夜別肥大

いての実験は、既に柑橘において HALMA 氏 (1934), COMPTON 氏 (1936) などによつて行われ、水分不足の季節的或は日変化について土壌水分、日照、温度、湿度及び風などが関係することが明らかになっている。最近 ACKLEY 氏 (1954, a) は洋梨の Bartlett について葉の水分含量並びに水分不足度について報告し、水分不足度は午前2時に最低を示し、日中の午後2時に最高を示すことを述べている。

筆者らはさき (1955) に、正常樹の土壌を乾燥処理して柚肌を人為的に発生し得たことから、實際栽培園における柚肌の発生がやはり水分の不足によつているか否かを知る目的で、夏期におけるそれらの発生樹の水分不足度を調査した。

その結果、一般に葉の水分不足度は午前2時に最低を示し、日の出と共に上昇して午後2時に最高を示し、その後漸次下降の傾向を示すが、柚肌発生樹では5月から8月各時期を通じて葉の水分不足の程度が高く、特に高温乾燥期にはその程度が著しい。また日中の最高から夕

方夜間にかけての回復が遅く、午後6時の水分不足度は正常樹に比し著しくその差が大きい。

林 (1955) は前報の乾燥による土壌水分調節の実験において、葉と果実の滲透圧の差が約5気圧以上になると、果実の水分は葉によつて奪われ果実の生長に悪影響を及ぼすことを推測したが、当実験においても6月下旬から7月の晴天乾燥時に

において、柚肌発生樹は常に日中の高い滲透圧差を夕刻遅くまで維持している。更に、7月下旬の灌水をした場合においても、柚肌発生樹は高い水分不足度を示し、日中において約7気圧、午後6時に約5気圧の滲透圧差を示し、正常樹では果実に昼間の収縮が認められないのに対して柚肌発生樹では収縮が認められた。

従つて、柚肌発生樹においては、夏期の著しい葉面蒸散に対し根の水分吸収が伴わなくて、たとえ土壌中に多量の水分があつても、水分不足状態に陥ちいるものと考えられる。これに関係して西村、岸本両氏 (1946) は、自然園場における柚肌発生樹の細根量の極めて少いことを指

摘すると共に、人為的に冬期に地下30cmまでに分布する2mm以下の細根を除去すると著しく柚肌が発生したことを報告している。

2. 柚肌発生樹の果実生長の日変化

次に乾燥処理をして人為的に水分不足の状態を招き柚肌を発生させた樹において、果実の昼夜別の肥大量を測定してみると、晴天の葉面蒸散の盛な日中には果実は収縮し、夜間には肥大する。即ち、土壌水分が減少して圃場容水量附近になると、標準樹に比較して日中の収縮と夜間の肥大が何れも大きくなり、収縮と肥大の振幅が大となる。そしてこの時期においては、乾燥処理樹の果実の1日の総発育量（肥大と収縮の差）は、標準樹と異ならない。併し萎凋点近くなると日中の収縮が漸次大となり、萎凋後は夜間の肥大より日中の収縮が大きくなっている。灌水をするとその収縮した果実は短時間で急激に肥大し、収縮を回復する。

自然園場における柚肌発生樹について、晴天高温乾燥時に果実の昼夜別肥大量を測定したところ、乾燥処理樹

の果実の発育と同様の傾向を示し、昼夜の収縮、肥大の振幅が標準樹より大きい。また灌水した場合において、標準樹が昼間収縮せず僅かながら肥大しているのに対し、柚肌発生樹の果実は収縮を認めた。この点は前述の人為的に水分不足の状態を招き柚肌を発生させた実験結果と一致し、柚肌発生樹では土壌水分が充分にあつても、晴天乾燥の日中においては果実は葉によつて水分を奪われ収縮するものと思われる。但し、この場合、柚肌発生樹と正常樹の果実の1日の総発育量を比較しても殆ど差がみられず、恰度乾燥処理樹の萎凋前における傾向と同一である。このことはたとえ一時的に水分不足の状態におかれても収穫時において、柚肌果が必ずしも正常果より小さくないこと(西村・岸本 1946)を説明するに充分である。

3. 水分不足と柚肌果の発生

上述の如く乾燥処理をして収縮させた果実が柚肌を発生したことで、自然圃場における柚肌発生樹の果実が日中に著しく収縮することは、水分不足による果実の収縮が柚肌の発生に関係することを示すようである。

前記 COMPTON 氏(1936)は水分不足と果実の発育との関係において、果実の発育は葉の水分不足の程度に逆比例し、日中の水分不足の著しい時においては、果実が収縮して小さくなることを報告している。BARTHOLOMEW 氏(1926)もレモンの果樹が日中収縮し夜間肥大することを述べ、乾燥土壌のものほど収縮がきびしく、またその収縮は葉の萎凋が眼に見えない時において充分認められることを報告し、著しい蒸散作用が長期に亘つて3~4週間以上も続くと果実の大きさ、品質に著しい影響のあることを述べている。HENDRICKSON, VEIHMEYER 両氏(1941)は梨 Bartlett の果実が夜間に肥大し、日中僅かであるが収縮したことを報告し、MAGNESS, DEGMAN 及び FURR 氏(1935)は苹果で同様のことを報告している。別に ACKLEY 氏(1954, b)は、砧木を異にした梨 Bartlett について葉の水分不足度を測定し、Black-end 或は Hard-end を発生し易い日本梨砧のものが、発生の少い洋梨砧のものより水分不足の程度が高いことを報告している。

次に柚肌の人為発生の結果から考察するに、1955年の結果は6月下旬及び7月下旬乾燥区に柚肌が発現し、1953年及び1954年の結果(第1報)では7月上旬乾燥区の木顯著に柚肌を発現している。1955年は異例の乾魃で6月下旬の梅雨期においても晴天が多く高温乾燥が続いた。従つて果実の発育の過程から云えば、6月中下旬以降7月が柚肌発生を誘起し易い時期であり、気象条件から考えれば7月が最も柚肌発生に関係する時期と考

えられる。これに関係して中川氏(1940)は、柚肌が5月下旬頃より肉眼で判別出来ることと最も発生の多い時期は6月上旬であると報告している。併し、第1報で述べた如く1954年の調査結果では、極く一部が7月下旬に、大部分のものが8月に柚肌を発現し、本年の調査結果でも同様であつた。前記の西村・岸本両氏(1946)の細根除去の実験においても8月20日以後に発生をみている。又同氏らが実際の発生園での調査でも1部は6月30日に初発を認めたが、大部分のものは8月下旬から9月上旬に発生している。従つて、筆者らの実験結果からは、7月の高温乾燥を中心にした水分不足の結果、果実が葉によつて水分を奪われて収縮し、その結果、果実組織内の異常変化が果実発育最盛期を経て、収穫期近くの8月になつて果実の表面に柚肌となつて出現するものと推測される。

洋梨の Black-end 或は Hard-end は和梨の柚肌に症状が似ているが、HEPPNER 氏(1927), DAVIS, TUF-TS 両氏(1931, 35)及び DAVIS 氏(1950)らの研究によると、樹体の水分不足の結果発現するものと考えられている。従つて柚肌もこれと同様の原因によつて発生するものと考えられ、事実1955年7月下旬の乾燥処理区において、乾燥の程度を著しくした場合に二十世紀梨において Black-end に似た症状が果実に発現した(第8図写真)。

第8図 乾燥処理によつて二十世紀梨に見られた Black-end に似た障害

備考 7月20~31日強い萎凋状態に保つた樹において8月10日発見。10果調査6果発生を認む。果心下部及び萼端部が黒変す。

4. 砧木の種類と柚肌果の発生

砧木と柚肌発生との関係については、中川氏(1940)及び西村・岸本両氏(1946)は満洲マメナシ砧に接いだ二十世紀梨には、柚肌が殆ど発生しないことを報告している。同様な傾向は、筆者らが人為的に柚肌を発生させ

るために乾燥処理をした場合においても認めた。但し、たとえ満洲マメナシ砧二十世紀梨であつても、夏期長期に亘つて水分不足になるようにした樹においては、ニホンヤマナシ砧のものと同様に著しく柚肌を発生している。従つて満洲マメナシ砧を使用しても、著しく水分不足の状態になるような立地条件下では、柚肌は発生するものと考えられ、満洲マメナシ砧の抵抗性は絶対的なものでない。

5. 土壌条件と柚肌果の発生

鳥取県の二十世紀梨栽培地帯では昭和28年及び昭和30年に柚肌が甚だ多く発生したが、その状況を立地的観察をすると極めて対照的であつた。即ち、昭和30年には乾魃が続き全般に耕土が浅いかまたは水に恵まれない園に発生が多かつた。これに対し、昭和28年には6月の梅雨に続いて7月中旬まで降雨の日が極めて多く、県下全般に亘つて例年柚肌を発生しない園或は樹に発生が多く、逆に例年柚肌を発生する園或は樹に発生が少かつた。木下技師の鳥取農試果樹分場における調査においても、北面で耕土が深く例年優良果を産する部分に柚肌が多く、南面で耕土が浅く例年柚肌の発生が多い部分に優良果が得られたとのことである。このことは多雨によつて土壌が過湿となり、根群分布の深い樹では深い部分の根が過湿の結果枯死して（実際に観察された）根量が減少し、その後の土用の高温乾燥に地上部の蒸散と根の吸水の平衡が破れ、著しい水分不足を来し柚肌を発生したものと思われる。その点、土壌が浅く根の分布の浅い樹では比較的根の枯死量が少く、従つて地上部と地下部の平衡も破れずまた逆に例年であれば水分不足を来す時期に、曇天多雨で水分不足にならず柚肌を発生しなかつたものと考えられる。

次に近年深耕粗大有機物施用の方法を誤つて柚肌の発生をみている園も認められる。即ち、幹に近接してタコ壺を掘ることによる著しい断根、更に穴部における梅雨期の排水不良のために、折角冬から初夏に有機物施用部分に伸びた多量の細根が過湿のために、新鮮有機物の存在と相俟つて、その部分の土壌の酸化還元電位が著しく低下し（林・脇坂1956）亜酸化鉄、極端な場合には硫化水素の発生までが認められ細根の全部が枯死しているものもあつた。なおこの梅雨期の土壌の過湿の害は、平素排水の比較的良好と思われる傾斜地においても割合多く発生し、粗大有機物の種類、入れ方が排水と共に充分考慮されねばならないものと考えられた。

6. 柚肌果の果肉中の空隙

昭和30年の鳥取産二十世紀梨の収穫果実中には容積の割合に重量の軽いものが相当あり、その果実を切つて

みると果肉内に肉眼で明らかな空隙が認められた。筆者らが行つた前述の乾燥処理の実験の果実の中にも、同様の状態のものが多数存在した。しかして、興味あることには、果肉に空隙の存在する部分を果実の發育過程にさかのぼつて観察すると、大体乾燥にあつて収縮と肥大を繰り返していた頃の果実の大きさの部分に相当している。従つて、この空隙も乾魃による著しい水分不足の結果発現したものと考えられる。

なお水分不足によつて起る果肉組織の異常変化、柚肌発現までの組織的な経過及び養分的な事項については、現在実験中であり追つて発表したい。

IV. 摘 要

1. 二十世紀梨果実の柚肌病発生の原因を明らかにするために正常樹と発生樹につき、葉の水分不足度の日変化、葉と果実の滲透圧の差、果実の昼夜別肥大量を比較観察すると共に、人為的に土壌を乾燥させ樹体の水分不足による柚肌発生状況を実験的に調査した。

2. 葉の水分不足度は、通常午前2時に最低を示し、午後2時に最高を示したが、その値は、午前2時の最低時を除いて柚肌発生樹では正常樹に比べて常に高く、夏期の高温乾燥時には特にその傾向が強かつた。しかして、たとえ灌水をした場合においても、柚肌発生樹では正常樹に比べて水分不足度が高かつた。

3. 正常樹と柚肌発生樹の葉の滲透圧を測定してみると、柚肌発生樹では常にその値が高い。葉と果実の滲透圧の差をみると、日中及び夕刻において柚肌発生樹は正常樹よりも著しく大きい値を示し、高温乾燥日には午後6時においてさえも5気圧以上の値を示した。

4. 5月から8月にかけて時期別に結実樹の土壌を乾燥状態におくと、6月下旬及び7月下旬の処理区にそれぞれ柚肌果の発生をみ、特に7月処理の影響が大であつた。

5. 土壌乾燥が果実肥大の日変化に及ぼす影響をみると、処理樹（水分不足樹）では、日中の収縮と夜間の肥大の振幅が大となつた。しかして、かような処理を6月下旬及び7月下旬に行つた樹には約1ヵ月後に柚肌果が発現した。

6. 自然状態における柚肌発生樹の果実肥大の日変化をみると、高温乾燥時には上述の乾燥処理樹と同様の發育傾向を示し、正常樹に比し収縮、肥大の振幅が大きい。従つて、柚肌は、水分不足による果実の収縮の程度が大きくなることによつて、果肉組織内に異常が起り発現するものと考えられる。

7. 満洲マメナシ砧二十世紀は乾燥処理をした場合に

において、ニホンヤマナシ砧のものより柚肌の発生が少い。但し、満洲マメナシ砧でも夏期長期に亘つて乾燥処理をすると多くの柚肌果を発生した。

引用文献

- (1) ACKLEY, W. B.: Seasonal and diurnal changes in the water content and water deficits of Bartlett pear leaves. *Plant Physiol.* 29 (5): 445-448, 1954.
- (2) —: Water contents and water deficits of leaves of Bartlett pear trees on the two rootstocks, *Pyrus communis* and *P. serotina*. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 64: 181-185, 1954.
- (3) BARTHOLOMEW, E. T.: Internal decline of lemons. III. Water deficits in lemon fruits caused by excessive leaf evaporation. *Ann. Botany* 13: 102-117, 1926.
- (4) COMPTON, C. Water deficit in citrus. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 34: 91-95, 1936.
- (5) DAVIS, L. D. Black-end or hard-end of pear. *Calif. Fruit and Grape Grower* 4: 15-17, 1950.
- (6) — and W. P. TUFTS: Black-end of pears. III. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 33: 304-315, 1935.
- (7) 林 真二: 二十世紀梨の柚肌病に関する研究 (第1報), 葉及び果実の滲透圧と柚肌発生について,

園芸学会雑誌, 24 (2): 94-102, 1955.

- (8) —・脇坂幸雄: 果樹の湿害について, 土壤の酸化還元電位の低下及び有害還元物質との関係, 園芸学会雑誌, 25 (1): 59-68, 1956.
- (9) HALMA, F. F.: Some phases in the water relation of citrus. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 31: 108-109, 1934.
- (10) —: Trunk growth and the water relation in leaves of citrus. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 32: 273-276, 1934.
- (11) HENDRICKSON, A. H. and F. J. VEIHMEYER: Some factors affecting the growth rate of pears. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 39: 1-7, 1941.
- (12) HEPPNER, M. J.: Pear black-end and its relation to different rootstocks. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 24: 139-142, 1927.
- (13) MAGNESS, J. R., E. S. DEGMAN, and J. R. FURR: Soil moisture and irrigation investigation in eastern apple orchards. *U. S. Dept. Agr. Tech. Bull.* 491, 1935.
- (14) 中川慶実: 梨二十世紀の柚膚果防止法の試験 (予報), 農業及園芸 15 (12): 2445-2452, 1940.
- (15) 西村周一・岸本勇元: 梨二十世紀の柚膚果発生に関する試験 (予報), 京大園芸学研究集録 3: 45-59, 1946.

Summary

1. In the present study, the author investigated the development of the so-called "yuzuhada" disorder of the fruit of Nijisseiki pear trees, with reference to daily change of fruit growth accompanied by a deficiency of water in leaves due to natural and artificial aridity of soil at a certain growing period.

2. The degree of water deficiency in leaves as expressed in the percentage of saturated water content minus water content at a certain time of a day was always higher in the disordered trees than in the healthy trees, and this tendency was also found even when irrigated.

3. The disordered trees always exceeded the healthy trees in the osmotic pressure of leaves, and this relation was also the same with the difference of the osmotic pressure between leaves and fruits, the value of which by the disordered

trees often reaching to more than five atm. at 6 p.m. on a hot dry summer day.

4. During the period from May to August, when the soil was kept arid, the treated at the end of June or July, produced the disordered fruit and the damage was more conspicuous in the July case.

5. In the daily change of growth, the fruits which would suffer from "yuzuhada", coincided with the fruits which were of artificial water deficiency. Consequently, it seems that "yuzuhada" would develop as the result of the abnormal shrinkage due to the natural water deficiency in the tissue.

6. Nijisseiki pear grafted on *Pyrus betulaefolia* got less "yuzuhada" disorder than those on *P. serotina*, but even the former also were damaged when dried for a long period in summer.