

時期別の土壌水分がリンゴ樹の生育,収量及び果実品質に 及ぼす影響

誌名	青森県りんご試験場報告 = Bulletin of the Aomori Apple Experiment Station
ISSN	03885046
著者	加藤, 正 成田, 春蔵
巻/号	25号
掲載ページ	p. 23-39
発行年月	1989年9月

時期別の土壤水分がリンゴ樹の生育，
収量及び果実品質に及ぼす影響

加藤 正・成田春蔵

青森県りんご試験場

Effects of Seasonal Soil Moisture on the Growth, Yield
and Fruit Quality of Apple Trees

Tadashi KATO and Haruzo NARITA

Aomori Apple Experiment Station
Kuroishi, Aomori 036-03, JAPAN

目 次

I 緒 言	25
II 材料と方法	25
1. 施設の概要	25
2. 供試樹及び供試土壌と処理区の構成	26
3. 管理方法	26
4. 調査項目と調査方法	27
III 結 果	27
1. 各処理区の土壌水分	27
2. 葉の水ポテンシャル	28
3. 葉中N含有率	29
4. 樹体の生長量と新梢伸長の経過	30
5. 果実の肥大量及び収量	31
6. 果実品質	31
7. 花芽形成	32
IV 考 察	33
V 摘 要	36
引用文献	36
Summary	38

I 緒 言

リンゴ園の水管理は、これまで、夏期の乾燥時における水分補給を主目的に実施されてきた。しかし、夏期の補給灌がいによる収量増大もさることながら、生産の安定と品質の向上を図るためには、それぞれの生育ステージに視点をおいた水管理が必要であり、特に昨今のように果実品質の良否が商品性を決定する上で大きな比重を占めるようになると、品質向上を重視した水管理が非常に重要になる。土壌水分とリンゴ樹の生育、収量及び果実品質等との関係について検討したこれまでの実験例をみると、土壌及び立地条件に起因する現地圃場の水分環境(18,23,24)や全生育期間の水分レベルとの

関係(6,13,15)あるいは夏期の灌水との関連(11,25)で検討したものは多いが、リンゴの生育ステージに視点をおいた水管理の実験例は少ない。本研究は、それぞれの生育時期に適合した水管理技術を確立するために、リンゴの生育時期を前期(5・6月)、中期(7・8月)及び後期(9・10月)の3期間に区分し、それぞれの期間の土壌水分が樹体の生育、収量及び果実品質に及ぼす影響を調査したものである。なお、本報告をするに当たって、水管理や栽培管理、調査及び分析に多大な協力をいただいた青森県りんご試験場技能技師盛清、佐藤正の両氏に、深く感謝の意を表する。

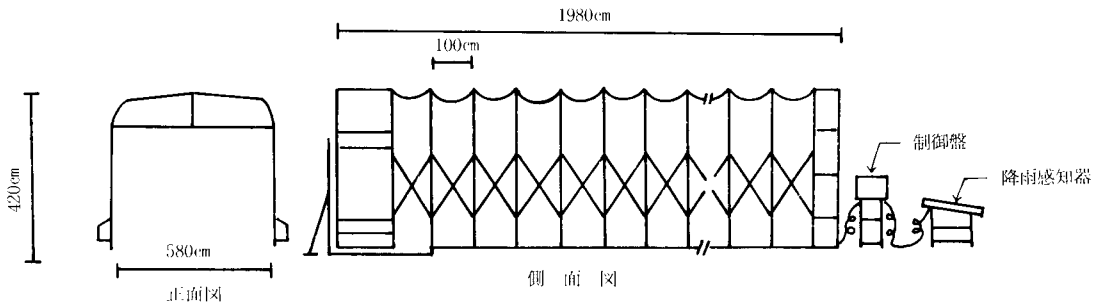
II 材料と方法

1. 施設の概要

本実験は青森県りんご試験場内の降雨遮断施設を利用して実施した。降雨遮断施設は、第1図及び写真1,2に示すような装置で、その規模は縦19.80m、横5.80m、高さが最も高い中央部で4.20mである。降雨時には、降雨感知器によって雨滴を感知し、伸縮部の先端部

の減速モーターが作動して伸縮部が伸び、処理区を透明なビニールシートで覆う。降雨が止むと伸縮部が縮んで、処理区への覆いが開くようになっている。

この施設の中に、処理区外あるいは隣接する処理区からの水分移動を防止するために、第2図のような縦5.00m、横3.00m、深さ0.60mのコンクリート枠(コンクリートの厚さ0.15m)が4区画構築されている。



第1図 降雨遮断施設の概略図

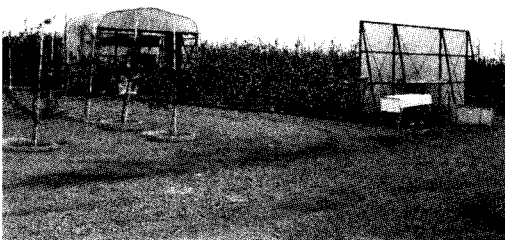


写真1 降雨遮断施設が開いている状態



写真2 降雨遮断施設が閉じている状態

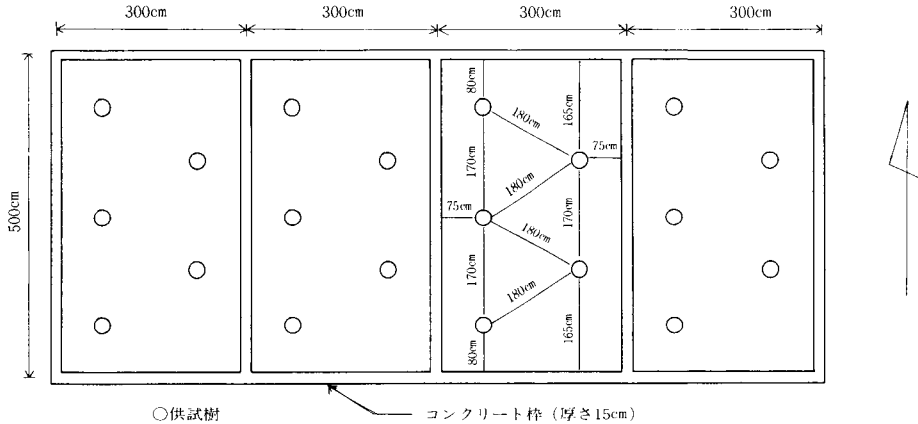
2. 供試樹及び供試土壌と処理区の構成

1979年4月、降雨遮断施設内のコンクリート枠4区画に、1区画(15m²)当たりパーク堆肥、苦土炭酸カルシウム及びよう成りん肥をそれぞれ20kg施用して土壌改良し、第2図に示すような栽植様式及び距離で、3年生M.9A台‘ふじ’を1区画当たり5樹、4区画で計20樹を定植した。その後、処理開始前年の1981年までの3年間、各区画とも標準的な栽培管理を行った。

土壌は、地表下30cmまでが岩木山系の黒ボク土で、そ

れ以下は砂れき層である。主要根群域(深さ0~30cm)の土壌の水分特性は第1表に示すとおりである。

1982年と1984年の2か年、生育期間を3期に区分し、前期を5・6月、中期を7・8月、また後期を9・10月として水分処理をした。処理区は、1982年が5・6月乾燥、7・8月乾燥、9・10月乾燥、さらに5・6月及び9・10月乾燥の4区、1984年が5・6月乾燥、7・8月乾燥、9・10月乾燥、それに全期間湿潤の4区で、第2表に示すような処理を行った。



第2図 試験区枠と栽植様式

第1表 試験圃場の土壌三相分布と水分特性

深さ (cm)	仮比重	三相分布 (pF1.5, V%)			pF (V%)			
		固相	液相	気相	1.5	2.0	2.5	3.0
0~10	0.794	30.5	55.9	13.6	55.9	45.6	39.5	37.1
10~20	0.740	27.9	52.9	19.2	52.9	43.3	37.6	34.8
20~30	0.795	30.4	44.3	25.3	44.3	35.5	31.0	29.0

第2表 試験年と処理区の構成

年	処理区	生育前期	生育中期	生育後期
		(5・6月)	(7・8月)	(9・10月)
1982	5・6月乾燥	乾燥	湿潤	湿潤
	7・8月乾燥	湿潤	乾燥	湿潤
	9・10月乾燥	湿潤	湿潤	乾燥
	5・6月乾燥 9・10月乾燥	乾燥	乾燥	湿潤
1984	5・6月乾燥	乾燥	湿潤	湿潤
	7・8月乾燥	湿潤	乾燥	湿潤
	9・10月乾燥	湿潤	湿潤	乾燥
	湿潤	湿潤	湿潤	湿潤

なお、1983年は、1982年の処理の影響を消去するために、各処理区とも同一管理をした。供試樹の満開日は、1982年が5月11日で1984年は5月26日であった。

3. 管理方法

各処理区の土壌水分の調節は、深さ10cm、20cm及び30cmの部位に設置したテンシオメーターを毎朝9時に観測し、乾燥処理はpF2.5~2.8、湿潤処理はpF1.5~2.3に保持するよう適宜灌水した。

灌がい用水は既設の水道施設から、3,000ℓ容水槽に貯水し、散水は直径30mmの塩化ビニール製パイプに円型散水型ノズル(散水直径1.8m、散水量117ℓ/時間・ノズル)を取付けて、樹下散水した。

肥料は、10 a 当たり成分で、1982年がN 6 kg, P_2O_5 2 kg, K_2O 4 kg相当量を4月21日に、また1984年はN 15kg, P_2O_5 5 kg, K_2O 10kg相当量を4月25日67%, 6月22日に33%の割合で複合肥料でそれぞれ施用した。

地表面の管理は、随時除草して清耕状態に保持した。

4. 調査項目と調査方法

(1) 葉の水ポテンシャル

土壌水分が樹体の水ストレスに及ぼす影響を明らかにするため、プレッシャーチャンバーを用いて、葉の水ポテンシャル(以下 ψ と略記)を測定した。

1982年は、6月16日に時刻別の ψ を把握するため、各処理区から1樹を選定し、日の出前の4時から日没後の19時まで、3時間ごとに6回、 ψ を測定した。また、6月から10月の間、毎月中旬に1回、 ψ_{max} と ψ_{min} を測定した。

1984年は、同一処理区内での樹による変動を明らかにするため、9月22日に乾燥処理区と湿潤処理区の供試樹5樹について、 ψ_{max} を測定した。

測定には、1樹当たり新梢中央葉3~5枚を供試し、日の出前に測定した ψ を ψ_{max} 、正午に測定したそれを ψ_{min} とした。

(2) 葉中N含有率

リンゴ樹の生育収量及び品質に及ぼす影響の強いN成分について、葉中N含有率を測定した。

1982年は6月から10月までの各月の中旬に計5回、1984年は各処理期間終了時の7月3日、9月8日及び10月30日の3回、各処理区の供試樹から1樹当たり8枚前後の目通りの高さの新梢中央葉を採取し、乾燥、粉碎後、マイクロケルダール法でNを定量した。

(3) 樹体の生育量と新梢伸長の経過

1982年と1984年の2か年、収穫後の11月上旬に、全樹について、5 cm以上の新梢をすべて測定して、新梢長、総新梢伸長量及び平均新梢長を求めた。同時に、樹高及び樹幅を測定した。

新梢伸長の経過は、1982年5月中旬に、1樹当たり10本の新梢にラベルを付け、5月21日から9月20日まで、9~11日間隔で測定した。

(4) 果実の肥大量と収量

果実の肥大量は、生育前期、生育中期及び生育後期の処理終了時前後に、1982年は果実の横径、1984年は横径と縦径をそれぞれ測定し、球形として果実の体積を算出し、各生育時期の肥大量を求めた。

果径の測定日は、1982年が7月3日、8月30日及び10月30日、また1984年は6月30日、8月30日及び10月29日で、1樹当たり10~15果にラベルして調査した。

収量調査は、1982年が11月1日、1984年が11月5日に実施したが、1樹ごとに収穫して重量と果実数を調査した。

(5) 果実品質

各処理区の供試樹から、平均的な重量の果実を1樹当たり10果ずつ選び、果実品質調査に供した。

供試果実は、1果当たり赤道部2か所について、マグネステラー型果実硬度計(7/16インチプランジャー)で硬度を測定した。その後、直径0.87cmのコルクボールで果皮を打ち抜き、アントシアニンとクロロフィルを測定した。

アントシアニンは赤色の最も濃い部分の果皮を1果当たり1片、10果で10片に対して、塩酸-メタノール液(メタノール350mlに塩酸10ml加用)20ml、クロロフィルは緑色の最も濃い部分の果皮を、1果当たり2~3片、10果で20~30片にメタノール液15~20mlを加え、それぞれ3時間浸漬し、抽出液を分光光度計で吸光度(10mm×10mm×45mmのキューベット使用)を測定した。クロロフィルは、アントシアニンの場合の抽出条件に換算して表示した。

可溶性固形物含量とリンゴ酸含量の測定には、可食部の一部を家庭用ジューサーで果汁を取り、ろ紙でろ過して用いた。可溶性固形物含量には屈折糖度計を用い、リンゴ酸含量は一定量の果汁を0.1N-NaOHで滴定してリンゴ酸に換算した。

着色程度は、収穫果すべてについて、等級1(ほぼ全面に着色しているもの)から等級5(着色が薄く青実に近いもの)まで5段階に分類した。

(6) 花芽形成

花芽形成率は、処理翌年の開花期間中に、1樹当たりの頂芽数、花そう数を調査し、頂芽数に対する花そう数の割合で表示した。

III 結 果

1. 各処理区の土壌水分

各処理区の生育前期、生育中期及び生育後期におけるそれぞれの土壌水分張力の平均値と標準偏差を示すと、第3表のとおりである。

湿潤処理期間中は、1982年の場合、いずれの処理区も30~100cmH₂O(pF1.5~2.0)を示す場合が多かった。1984年は過湿を懸念して、1982年より幾分高い水分張力にコントロールしたため、80~200cmH₂O(pF1.9~2.3)の範囲内を経過することが多かった。

第3表 各生育期間の土壌水分張力

年 処 理 区	深 さ (cm)	土壌水分張力 ^z (cmH ₂ O)			
		生育前期 (5・6月)	生育中期 (7・8月)	生育後期 (9・10月)	
1982	5・6月 乾燥	0~10	440±143	74± 42	61± 12
		10~20	472±117	66± 56	53± 11
		20~30	471±125	56± 60	42± 10
	7・8月 乾燥	0~10	67± 19	352±148	42± 24
		10~20	59± 23	426±143	51± 15
		20~30	47± 15	586±228	48± 15
	9・10月 乾燥	0~10	71± 19	68± 16	305±171
		10~20	59± 22	57± 16	301±172
		20~30	54± 19	53± 15	297±177
	5・6月 } 乾燥	0~10	428±150	72± 27	318±153
		10~20	426±167	63± 31	326±160
		20~30	411±156	52± 42	300±160
1984	5・6月 乾燥	0~10	477±115	185±110	133± 41
		10~20	440±127	177±133	116± 27
		20~30	395±132	178±122	119± 25
	7・8月 乾燥	0~10	169± 46	531±155	163±103
		10~20	137± 33	525±143	136± 92
		20~30	126± 28	525±165	123± 87
	9・10月 乾燥	0~10	170± 47	173± 46	478±128
		10~20	128± 32	140± 36	402±109
		20~30	106± 23	130± 27	414±102
	湿 潤	0~10	140± 39	174± 57	151± 47
		10~20	165± 47	174± 48	160± 48
		20~30	186± 44	218± 58	213± 40

^z 平均値±標準偏差。

1982年の5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区の生育中期, 1984年の5・6月乾燥区の生育中期と7・8月乾燥区の生育後期の標準偏差が他の期間に比べて大きかったが, これらは乾燥処理から湿潤処理への切り換えの過程で, pF1.5~2.3 (30~200cmH₂O) に達するのに1~3日間を要したことによる。

1982年と1984年の乾燥処理期間中は, いずれの処理区とも, 350~640cmH₂O (pF2.5~2.8) の範囲内で経過することが多かった。ただし, 1982年の9・10月乾燥区

と5・6月及び9・10月乾燥区の生育後期の水分張力の平均値が300cmH₂O (pF2.5) 程度と, 他の処理区の乾燥期間のそれに比べて低く, また, 標準偏差も大きかったが, これは, 9月13日の台風13号によって, 降雨遮断施設の伸縮部分の車輪が脱輪し, 降雨が侵入したためである。

2. 葉の水ポテンシャル

第4表は, 1982年6月16日に各処理区からそれぞれ1

第4表 時刻別の葉の水ポテンシャル^z

処 理 区	pF (深さ10~30cm)	ψ (-Mpa)					
		4時	7時	10時	13時	16時	19時
5・6月乾燥	2.6~2.7	0.22	1.34	1.47	1.28	0.85	0.31
7・8月乾燥	1.7~1.8	0.17	1.20	1.48	1.18	0.64	0.15
9・10月乾燥	1.8~2.0	0.17	1.20	1.48	1.23	0.66	0.19
5・6月 } 乾燥	2.6~2.7	0.21	1.54	1.46	1.19	0.81	0.31
9・10月							

^z 測定日は1982年6月16日。

樹を選定し、葉の水ポテンシャルの時刻変化を測定した結果である。

日の出前の4時から日没後の19時までの ψ の変化をみると、日の出前は -0.2MPa 程度であったが、日の出後7時頃には急激に低下し、10時頃には -1.5MPa 程度の最低値を示した。その後は次第に上昇し、日没頃には $-0.3\sim-0.2\text{MPa}$ と日の出前の値に近づいた。

ψ の時刻変化を測定した6月16日は、5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区は乾燥処理、7・8月乾燥区と9・10月乾燥区は湿潤処理を受けていたが、その

時の深さ10~30cmのpF値は、5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区はpF2.6~2.7、7・8月乾燥区はpF1.7~1.8、9・10月乾燥区はpF1.8~2.0であった。

これらの土壌水分の違いが ψ に反映したのは、日の出前の4時と朝の7時、夕方の16時と日没後の19時で、日中の10時、13時はその影響が認められなかった。また、土壌水分含量の多少による ψ の差異は、日変化からみると小さいものであった。

1982年の6月から10月まで各月の中旬に各処理区の ψ maxと ψ minを測定した結果は第5表に示すとおりで

第5表 時期別の葉の水ポテンシャル (1982)

処 理 区	ψ max(-MPa)					ψ min(-MPa)					
	6月16日	7月14日	8月16日	9月18日	10月18日	6月16日	7月14日	8月16日	9月18日	10月18日	
5・6月乾燥	ψ	0.22	0.12	0.19	0.15	0.11	1.47	1.92	1.94	1.69	1.63
	(pF)	(2.6-2.7)	(1.7-1.9)	(1.7-1.8)	(1.7-1.9)	(1.5-1.7)	(2.6-2.7)	(1.6-1.8)	(1.3-1.6)	(2.1-2.2)	(2.5-2.7)
7・8月乾燥	ψ	0.17	0.21	0.34	0.16	0.10	1.48	1.93	2.02	1.78	1.72
	(pF)	(1.7-1.8)	(2.6-2.8)	(2.8-2.9)	(1.5-1.8)	(1.4-1.5)	(1.7-1.8)	(2.6-2.8)	(2.2-2.9)	(1.5-1.8)	(1.5-1.6)
9・10月乾燥	ψ	0.17	0.11	0.22	0.17	0.22	1.48	1.76	1.52	1.87	1.84
	(pF)	(1.8-2.0)	(1.7-1.8)	(1.7-1.8)	(2.0-2.1)	(2.7-2.8)	(1.8-1.9)	(1.8-1.9)	(1.7-1.8)	(2.0-2.1)	(2.4-2.7)
5・6月 } 乾燥 9・10月 }	ψ	0.21	0.13	0.18	0.15	0.17	1.46	1.88	2.13	1.68	1.45
	(pF)	(2.6-2.7)	(1.5-1.7)	(1.8-1.9)	(2.1-2.2)	(2.7)	(2.6-2.7)	(1.6-1.8)	(1.3-1.6)	(2.1-2.2)	(2.5-2.6)

ある。

ψ maxは各処理区とも、それぞれの時期の土壌水分が反映し、湿潤処理を受けていた樹(以下湿潤処理樹と記す)の ψ maxが、乾燥処理を受けていた樹(以下乾燥処理樹と記す)に比べて高い値を示す場合が多かった。4処理区の湿潤処理樹の ψ maxは $-0.22\sim-0.10\text{MPa}$ に対して、乾燥処理樹のそれは $-0.34\sim-0.17\text{MPa}$ を示した。また、乾燥処理樹の場合、8月の ψ maxが -0.34MPa と、他の時期の $-0.22\sim-0.17\text{MPa}$ に比べてやや低かった。

第6表 湿潤処理樹、乾燥処理樹の葉の水ポテンシャル^z

処 理	供試樹番号	ψ max(-MPa)	
湿 潤 ^y	No. 1	0.15	$\bar{\chi}=0.15$ CV(%)=4.7
	No. 2	0.14	
	No. 3	0.15	
	No. 4	0.16	
	No. 5	0.15	
乾 燥 ^y	No. 1	0.36	$\bar{\chi}=0.25$ CV(%)=32.8
	No. 2	0.29	
	No. 3	0.17	
	No. 4	0.26	
	No. 5	0.17	

^z 1984年9月22日測定。

^y 深さ10~30cmのpFは湿潤処理が2.2~2.3、乾燥処理が2.7~2.8。

4処理区の ψ minは $-2.13\sim-1.45\text{MPa}$ を示したが、土壌水分の影響は明確でなく、湿潤処理樹と乾燥処理樹の ψ minには差異が認められなかった。

第6表は処理区内の供試樹の ψ の変動を知るために、1984年9月22日に乾燥処理区と湿潤処理区の供試樹それぞれ5樹について ψ maxを測定した結果である。

これによると、湿潤処理樹の ψ maxは、5樹平均値で -0.15MPa であったのに対し、乾燥処理樹のそれは -0.25MPa と、湿潤処理樹に比べて乾燥処理樹の ψ maxが低かった。

また、湿潤処理樹の変動係数は4.7%であったのに対して、乾燥処理樹のそれは32.8%と、湿潤処理樹に比べて乾燥処理樹の変動係数が大きかった。

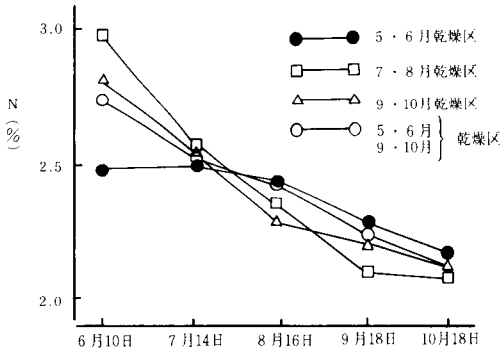
3. 葉中N含有率

1982年と1984年の時期別葉中N含有率を示すと、第3図及び第4図のとおりである。

1982年の葉中N含有率をみると、各処理区とも生育前期が高く、その後生育が進むにつれて次第に低下した。特に、6月10日にN含有率の高かった7・8月乾燥区及び9・10月乾燥区の低下が著しかった。これに対して、6月10日にN含有率が低かった5・6月乾燥区では、その後の低下が緩慢であった。土壌乾燥処理によって、葉

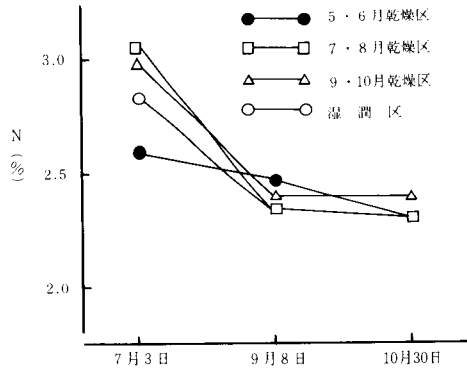
中N含有率が影響を受けたのは生育前期の6月10日のみで、5・6月乾燥区が他の処理区に比べて低かったが、それ以外の時期は乾燥処理によるN含有率の低下は認められなかった。

1984年の葉中N含有率の推移も、1982年の場合とほぼ



第3図 時期別葉中N含有率 (1982)

同様の傾向を示し、生育前期の処理終了後の7月3日が高く、生育中期の処理終了後の9月8日及び生育後期の処理終了時の10月30日には、含有率が低下した。土壌乾燥処理の影響が葉中N含有率に現われたのは、生育前期の処理終了直後の7月3日で、5・6月乾燥区が他の処



第4図 時期別葉中N含有率 (1984)

理区に比べて低い含有率を示したが、その他の時期は、乾燥処理の影響は認められなかった。

4. 樹体の生育量と新梢伸長の経過

第7表は、樹体の生育量及び樹の大きさを調査した結果である。

新梢数及び樹の大きさは、1982年及び1984年とも、処理区間に有意な差異は認められなかった。

しかし、平均新梢長は2か年とも処理区間に有意差が認められた。すなわち、1982年の場合は、5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区が7・8月乾燥区及び9・10月乾燥区に比べて短かく、生育前期の5月及び6月の乾燥処理によって新梢伸長が抑制された。1984年の

平均新梢長も7・8月乾燥区及び9・10月乾燥区は湿潤区との間に差異がなかったが、5・6月乾燥区の場合は、これらの処理区に比べて有意に短かく、1982年の場合と同様、生育前期の5月及び6月の乾燥処理によって新梢伸長が抑制された。

1樹当たりの総新梢伸長量も、1982年の場合は、5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区がそれぞれ23.3m、24.2mと、7・8月乾燥区の34.6m、9・10月乾燥区の26.8mに比較して短かく、生育前期の5月及び6月の乾燥処理によって1樹当たりの総新梢伸長量が劣る傾向が見られた。また、1984年の場合も、統計的に有意性はなかったものの、1樹当たりの総新梢伸長量は、7・8月乾燥区、9・10月乾燥区及び湿潤区のそれぞれ

第7表 樹体の生育量及び樹の大きさ

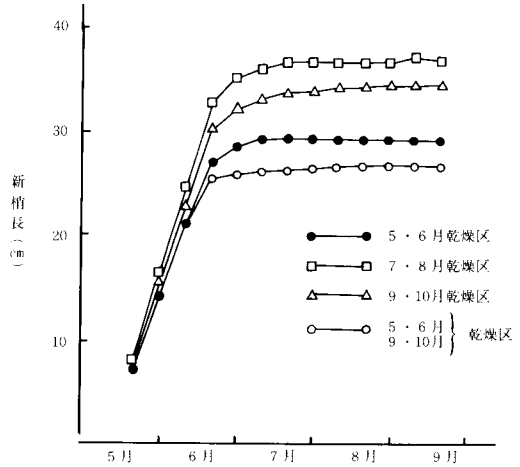
年	処 理 区	総新梢伸 長量(m/樹)	新梢数 (本)	平均新梢 長(cm)	樹の大きさ(m)	
					高さ	幅
1982	5・6月 乾燥	23.3	108	21.4 ^b	2.92	1.83
	7・8月 乾燥	34.6	129	26.8 ^a	2.96	2.09
	9・10月 乾燥	26.8	110	24.4 ^a	2.92	1.89
	5・6月 } 乾燥 9・10月 }	24.2	114	20.9 ^b	2.92	1.86
	有 意 性 ^z	△	N S	**	N S	N S
1984	5・6月 乾燥	24.0	150	15.7 ^b	2.86	2.15
	7・8月 乾燥	36.4	189	19.2 ^a	2.94	2.14
	9・10月 乾燥	30.9	165	18.5 ^a	2.84	1.98
	湿 潤	33.2	183	18.3 ^a	2.96	2.19
	有 意 性 ^z	N S	N S	*	N S	N S

^z △, *, **はそれぞれ10%, 5%, 1%水準、異符号間は5%水準で有意差あり。

36.4 m, 30.9 m 及び 33.2 m に対して, 5・6 乾燥区は 24.0 m と低い値を示した。

次に, 1982年の新梢伸長の経過を示すと, 第5図のとおりである。

7・8月乾燥区と9・10月乾燥区の新梢伸長は, 7月中旬まで伸長したのに対して, 5・6月乾燥区と5・6月及び9・10月乾燥区は7月上旬で新梢伸長が停止し, 5月及び6月の乾燥処理によって新梢停止期が早まった。



第5図 新梢伸長の経過 (1982)

5. 果実の肥大量及び収量

各生育時期の果実肥大量を, 1982年は果実の横径から, 1984年は横径と縦径の平均値から, 果実を球形として算出すると, 第8表のとおりである。

1982年の各生育期間中の果実肥大量を処理区間で比較すると, 生育前期(5・6月)と生育中期(7・8月)は, 5・6月乾燥区が7・8月乾燥区及び9・10月乾燥

第8表 各生育期間中の果実肥大量

年	処 理 区	果実肥大量 (ml)		
		生育前期 (5・6月)	生育中期 (7・8月)	生育後期 (9・10月)
1982	5・6月乾燥	32 ^c	206 ^b	109
	7・8月乾燥	38 ^a	245 ^a	136
	9・10月乾燥	37 ^{ab}	236 ^a	109
	5・6月 } 乾燥	34 ^{bc}	227 ^{ab}	104
	9・10月 }			
	有意性 ^z	*	*	N S
1984	5・6月乾燥	22	96 ^b	117
	7・8月乾燥	24	115 ^a	125
	9・10月乾燥	25	115 ^a	122
	湿 潤	25	125 ^a	130
		有意性 ^z	△	*

^z △, *はそれぞれ10%, 5%水準、異符号間は5%水準で有意差あり。

区に比べて果実肥大量が有意に劣り, 5・6月及び9・10月乾燥区の肥大量も, 7・8月乾燥区及び9・10月乾燥区に比べて低い値を示した。しかし, 生育後期(9・10月)は処理区間に有意差が認められなかった。1984年も1982年とほぼ同様の傾向を示し, 生育前期(5・6月)及び生育中期(7・8月)の肥大量は, 7・8月乾燥区, 9・10月乾燥区及び湿潤区の間では差異がなかったが, 5・6月乾燥区は, 他の処理区に比べて果実肥大量が劣った。しかし, 生育後期(9・10月)では, 処理区間に有意差が認められなかった。

1樹当たり収量と1果平均重量は, 第9表に示すとおりである。

1樹当たり重量は, 供試樹間の変動が大きく, 1982年及び1984年とも, 処理区間に有意差がみられなかった。

しかし, 1果平均重量は, 1982年の場合, 7・8月乾燥区及び9・10月乾燥区の平均重量がそれぞれ349g及び344gに対して, 5・6月乾燥区が292g, 5・6月及び

9・10月乾燥区が317gと, 前者に比べて後者の1果平均重量が劣り, 果実肥大に対する5・6月乾燥の影響が認められた。1984年の場合も, 湿潤区の1果平均重量264gに対して, 7・8月乾燥区と9・10月乾燥区はそれぞれ256g及び246gと大差がなかったが, 5・6月乾燥区のそれは227gと低かった。

6. 果実品質

収穫時における果実の硬度, 可溶性固形物含量, リンゴ酸含量, 果皮のアントシアニンとクロロフィル及び着色程度は第10表に示すとおりである。

果実硬度及び可溶性固形物含量は, 1982年, 1984年の2か年とも処理区間に有意差がなかった。

リンゴ酸含量は, 1984年の場合, 9・10月乾燥区が他の処理区に比較して低い傾向にあったが, 1982年の場合は処理区間に有意差が認められなかった。

果皮のアントシアニン含量は、1982年の場合、1984年に比べて全般に低く、処理区間にも差異がなかったが、1984年は、9・10月乾燥区が湿潤区に比べて有意に高かった。

果皮のクロロフィル含量は、1982年の場合、乾燥期間

の長かった5・6月及び9・10月乾燥区が他の3処理区に比べて低かったが、1984年の場合は処理区間に有意差がなかった。

1984年に実施した果実の着色程度をみると、比較的着色の優れたグレード2に類別された果実割合が、湿潤区

第9表 1樹当たり収量と1果平均重量

年	処 理 区	1樹当たり収量		1果平均重量(g)
		重量(kg)	果 数	
1982	5・6月乾燥	12.9	45	292 ^b
	7・8月乾燥	10.3	32	349 ^a
	9・10月乾燥	10.4	31	344 ^a
	5・6月 } 乾燥	10.4	33	317 ^b
	9・10月 }			
	有 意 性 ^z	N S	△	**
1984	5・6月乾燥	19.7	86	227
	7・8月乾燥	23.0	89	256
	9・10月乾燥	22.1	90	246
	湿 潤	23.1	89	264
		有 意 性 ^z	N S	N S

^z △, **はそれぞれ10%, 1%水準, 異符号間は5%水準で有意差あり。

第10表 果 実 品 質

年	処 理 区	供試果重 (g)	果実硬度 (lb)	可溶性 固形物(%)	リンゴ酸 (g/100ml)	アント シアニン ^z	クロロ フィル ^z	着色程度 ^y (%)				
								1	2	3	4	5
1982	5・6月乾燥	291	14.7	14.8	0.41	0.177	0.046 ^a	—	—	—	—	—
	7・8月乾燥	356	14.5	15.4	0.46	0.155	0.047 ^a	—	—	—	—	—
	9・10月乾燥	351	14.8	15.0	0.43	0.154	0.045 ^a	—	—	—	—	—
	5・6月 } 乾燥	329	14.8	15.4	0.45	0.185	0.038 ^b	—	—	—	—	—
	9・10月 }											
	有 意 性 ^x	N S	N S	N S	N S	*						
1984	5・6月乾燥	237	15.1	15.2	0.48	0.258 ^{ab}	0.033	15	24 ^b	33	24	4
	7・8月乾燥	259	14.8	15.6	0.50	0.254 ^{ab}	0.030	13	27 ^{ab}	36	18	6
	9・10月乾燥	247	15.2	15.2	0.45	0.281 ^a	0.034	13	31 ^a	35	19	2
	湿 潤	271	14.8	15.3	0.48	0.236 ^b	0.033	7	22 ^b	35	28	8
		有 意 性 ^x	N S	N S	△	*	N S	N S	*	N S	N S	N S

^z アントシアニン、クロロフィルは果皮10片(1片:0.59cm²)に抽出液20ml加えた時の吸光度。

^y 等級1(ほぼ全面に着色)から等級5(着色が薄く、青実に近い)まで5段階に分類。

^x △, *はそれぞれ10%, 5%水準, 異符号間は5%水準で有意差あり。

22%に対して、9・10月乾燥区が31%と有意に高かった。また、着色の悪いグレード5に類別された果実の割合は、湿潤区8%に対して、9・10月乾燥区が2%と少なく、生育後期の9月、10月の土壌乾燥によって着色が増進された。

7. 花芽形成

第11表は、処理翌年の開花期間中に、1樹当たり頂芽

数と花そう数を調査し、花芽形成率を算出した結果である。

1樹当たり頂芽数及び花そう数は、2か年とも処理区間に有意差が認められなかった。

花芽形成率は、1982年の場合、各処理区とも80%前後と全般に高く、処理区間に有意差はなかった。しかし、1984年の場合は各処理区とも花芽形成率が非常に低かったものの、処理区間では湿潤区31.7%に対し、5・6月

乾燥区15.2%, 7・8月乾燥区21.8%, さらに9・10月乾燥区は18.3%と, 湿潤区に比較して乾燥処理区の花芽形成率が劣る傾向にあった。

第 11 表 1 樹当たり頂芽数, 花そう数及び花芽形成率

年	処 理 区	1 樹 当 た り		花芽形成率 (%)
		頂芽数	花そう数	
1982	5・6月乾燥	123	106	86.8
	7・8月乾燥	109	94	86.2
	9・10月乾燥	96	75	78.0
	5・6月 } 乾燥 9・10月 }	121	97	80.1
	有 意 性 ^z	N S	N S	N S
1984	5・6月乾燥	227	36	15.2
	7・8月乾燥	247	53	21.8
	9・10月乾燥	235	44	18.3
	湿 潤	316	119	31.7
	有 意 性 ^z	N S	N S	△

^z △は10%水準。

IV 考 察

リンゴ樹体の水ストレスは, これまで土壤の水分状態から類推してきた。

しかし, リンゴ樹の受ける水ストレスは, 土壤の水分状態のみならず, 気象的要因によっても影響を受ける。

また, テンシオメーターによる水分張力の測定は, バルクとしての土壤水分状態は反映しているものの, 根のごく近くの水分状態を的確にとらえているかという疑問が残る。

そこで, 各処理区の供試樹の水ストレスを把握するために, これらの ψ を測定した。

リンゴ樹の ψ については, Goode and Higgs(7)が MM.104台 'Cox's Orange Pippin' について測定し, 晴天の日の ψ はかなりの日変化を示し, 土壤水分張力が低い場合で, 日の出前が $-0.1 \sim -0.2$ MPa, 正午には, $-1.5 \sim -2.5$ MPaを示すことを報告しているが, 本実験の時刻別の ψ をみても, -0.2 MPaから -1.5 MPaの日変化を示し, また, 時期別の ψ にみられるように, 日の出前に測定した ψ_{\max} は $-0.1 \sim -0.2$ MPaを, 正午に測定した ψ_{\min} は, $-1.5 \sim -2.0$ MPaを示す場合が多かった。

土壤水分と ψ の関係をみると, 1982年6月16日に測定した時刻別の ψ では, 日中は土壤水分の多少が ψ に反映しなかったが, 朝方と夕方は土壤水分の多少が ψ に反映し, 特に日の出前の4時と日没後の19時は明確であった。

また, 時期別の ψ においても, ψ_{\min} には, 土壤水分の多少が反映しなかったが, ψ_{\max} はその影響を良

く反映し, 湿潤処理樹の ψ は乾燥処理樹に比べて高い値を示した。

ψ_{\min} に土壤水分の多少が反映しなかった理由としては, 町田・間苧谷(17)が指摘するように, 日射量や風速の変化など気象要因による影響と考えられ, 筆者ら(10)が大型ポットに栽植したM.26台 'スターキング・デリシャス' で測定した ψ においても, ψ_{\max} は土壤水分との間に相関係数0.9以上の有意な相関関係が得られたが, ψ_{\min} との間には, 有意な相関関係は認められなかった。

各月の中旬に測定した時期別の ψ_{\max} の中では, 8月の乾燥処理樹のそれが他の時期に比べて幾分低い値を示したが, それは測定時の土壤水分張力が他の時期に比べて高かったためであると考えられる。また, 9月18日に測定した ψ_{\max} は処理区間に差異がみられなかったが, これは, 降雨遮断施設の故障により, 乾燥処理区に降雨が侵入して土壤乾燥が不十分だったことによる。

1984年9月22日に, 乾燥処理区と湿潤処理区の供試樹それぞれ5樹について ψ_{\max} を測定したところ, 5樹平均では, 湿潤処理樹 -0.15 MPaに対し, 乾燥処理樹 -0.25 MPaと, 湿潤処理樹に比較して, 乾燥処理樹の ψ_{\max} が低かった。しかし, これらの変動係数をみると, 湿潤処理区は4.7%と低かったのに対して, 乾燥処理区のそれは32.8%と高い変動係数を示した。湿潤処理区に比べて乾燥処理区の変動係数が高かった原因は, 乾燥処理区内の土壤水分分布の不均一性, 各供試樹の根量やその分布の違いなどが考えられるが, 明らかではなく, 今後検討

を要する。

乾燥処理樹と湿潤処理樹の ϕ の差異は、ほとんどの場合0.2MPa以下と、 ϕ の時刻変化に比較すると、非常に小さいものであったが、Drakeら(4)は‘ゴールデンデリシャス’の果実品質について、トリクル灌水とスプリンクラー灌水の影響を検討し、0.1~0.2MPaの差が大きな影響を持つことを報告している。

葉中N含有率に土壤乾燥処理の影響が現われたのは、1982年が6月10日、1984年が7月3日と、生育前期か前期の処理終了直後で、その他の時期は土壤乾燥処理の影響が認められなかった。

土壤乾燥は、単に作物に水ストレスを与えるばかりでなく、土壤養分の有効性(14)や養分吸収(21)にも影響を与える。

葉中N含有率の低下は、希釈作用によってもたらされるが、5・6月乾燥区の生育量がほかの処理区に比べて劣っていることから、本実験での5・6月乾燥区の葉中N含有率の低下は、土壤乾燥によるN養分の吸収量低下と考えられる。これに対して、7・8月及び9・10月の土壤乾燥によって葉中N含有率の低下が認められなかった理由としては、春期の施肥Nが生育前期に大半吸収されて、中期、後期には土壤中の無機態Nレベルが低下している可能性があること、さらには望月・鎌倉の実験結果(19,20)からも類推できるように、生育が進むにつれて吸収されたNの新生部に対する配分率が低下し、生育中、後期の土壤乾燥によるN吸収量の低下が新梢葉のN含有率に反映しなかったことが考えられる。

また、この新生部へのNの配分率の高い生育前期のN養分吸収量の低下が、新梢伸長や果実肥大に影響していることも当然考えられる。

新梢中央葉のN含有率は、生育が進むにつれて次第に低下するのが一般的であるが、5・6月乾燥区の場合は、その後の含有率の低下が緩慢であった。これは、乾燥処理によって利用率の低かった春期の施肥Nが7月以降の湿潤処理によって、多量に吸収利用されたものと考えられる。

平均新梢長は、1982年及び1984年とも5・6月乾燥区がほかの処理区に比べて短かく、1樹当たり総新梢伸長量も5・6月乾燥区が劣る傾向を示した。また、1982年に実施した新梢伸長の経過をみても、5・6月の土壤乾燥によって新梢伸長停止期が早まり、新梢長も短かった。

リンゴ樹の新梢は5月中旬の満開後から生長し始め、その後急激な生長を続け、全伸長量の大部分は6月末まで完了する。したがって、5月、6月以外の時期の土壤乾燥は、リンゴ樹の新梢伸長にほとんど影響しないのは当然である。

ここで論議になるのは、この程度の土壤乾燥がリンゴ

樹の生育を左右するか否かであるが、熊代・建石(15)は、4年生マルバカイドウ台‘紅玉’を用いて、土壤湿度と生育との関係を検討し、新梢伸長は湿潤区(テンシオメーター示度10~15cmHg, pF2.1~2.3)が最も優れ、次いで半湿潤区(テンシオメーター示度15~35cmHg, pF2.3~2.7)、乾燥区(テンシオメーター示度45~60cmHg, pF2.8~2.9)の順で、土壤湿度が低くなるほど生長量が顕著に減少する結果を得ている。

Kenworthy(13)もテンシオメーター示度が7~8cmHg(≒pF2.0)で灌水した区に比べて、42cmHg(≒pF2.7)になるまで灌水しなかった区の苗木の新梢伸長が有意に劣ったことを報告している。また、Goode and Hyrycz(6)もM. II台‘Laxton’s Superb’8年生樹を用い、深さ1フィートに設置されたテンシオメーター示度が、それぞれ10cmHg(≒pF2.1)、20cmHg(≒pF2.4)及び50cmHg(≒pF2.8)の張力を示した時に灌水する区と無灌水区の4処理区を設けて実験を行い、土壤養分の溶脱がない限り、灌水点の低い場合に生育が勝ることを報告している。

これらの実験結果から判断すると、本実験で処理した程度の土壤乾燥でも十分生育差が現われるものと考えられる。

時期別の土壤水分処理と1樹当たり収量は、供試樹の変動が大きく、2か年とも処理区間に有意差を見いだすことができなかった。

しかし、果実肥大は、収穫時の1果平均重量にみられるように、7・8月及び9・10月の土壤乾燥処理による影響は明確でなかったが、5・6月の乾燥処理は、2か年とも収穫果の1果平均重量が小さかった。

5・6月乾燥区の収穫時における1果平均重量の低下は、生育前期(5・6月)の土壤乾燥が果実の肥大量を抑制したことによるもので、この幼果期の肥大量の低下が、中期(7・8月)の肥大量まで影響した。しかし、生育中期(7・8月)と後期(9・10月)の場合、本実験で処理した程度の土壤乾燥では肥大量に対する影響が明瞭でなかった。

果実の大きさは、1果当たりの細胞数と細胞の大きさによって決定される。この細胞数が決まる果肉細胞の分裂停止期は品種や気象条件によって異なるようであるが(16)、田村ら(24)が‘スパータン’で開花後40日前後と推定し、望月・花田(18)は‘紅玉’で、6月10日には細胞分裂は終了に近いことを認めている。

これらから判断すると、5・6月の乾燥処理期間は、細胞分裂期に相当し、生育前期の土壤乾燥が果実の細胞分裂に影響したことも当然考えられる。

しかし、熊代と建石(15)は土壤湿度が高いほど果実の肥大が勝ることを認めているものの、果肉細胞数がpF

3.0を上回る水分張力で保持した区の果実においても、pF2.0程度の水分処理区との果実の間に差異を認めないことから判断すると、本実験における果実肥大の差は、細胞数以外の細胞自身の肥大と細胞間隙の発達によると考えざるを得ない。

収穫期の果実の大きさは、6月末までの果実の発育量との間に正の相関があるとされているので(5)、本実験の場合も、5・6月の水分処理による幼果期の果実の大小が、収穫期の大きさを決定づけたものと考えられる。

一般に、土壤水分が多いと果実品質が劣ると言われ、灌水によって果実の糖度が低下するというHaller and Harding(9)、田中(26)、Assafら(3)の報告がある。

しかし、本実験においては、時期別の土壤水分と果実硬度、可溶性固形物含量及びリンゴ酸含量との関係は明確でなかった。

この点について、Haller and Harding、Assafらの実験では、無灌水区あるいは乾燥処理区の土壤水分の低下が著しく、Haller and Hardingの実験では、3か年中2か年は萎凋点に達しており、Assafらの乾燥処理区は灌水前の深さ0~60cmの土壤水分は萎凋点を下回っている。

土壤水分がどの程度まで低下した場合にリンゴの果実成分に影響を与えるかについて、熊代・建石(15)の結果をみると、5月から9月まで生育期間のほとんどを、pF2.1~2.2に保持した湿潤区に対して、pF2.3~2.7の半湿潤区では、澱粉含量では差異がみられているものの、全糖含量や遊離酸含量では大差がなく、pF2.9程度に保持した乾燥区になって始めてそれらの差が明瞭となっている。

このことから判断すると、土壤水分が少なくとも生育障害水分点近くまで乾燥し、しかもそれがかなり長期間持続しないかぎり、糖や酸含量に対する影響は現われ難いものと考えられ、筆者ら(11)が‘スターキングデリシャス’を対象に実施した灌水試験においても、果実硬度、可溶性固形物含量及びリンゴ酸含量に、灌水区と無灌水区間の明瞭な差異を認めない。

果皮のアントシアニンとクロロフィルについては、1984年に比べて1982年のアントシアニン含量が低く、クロロフィル含量が高かった。これは、1982年の場合、収穫日が11月1日と、1984年の収穫日11月5日に比べて早かったことが影響していると思われる。

1982年の場合、降雨遮断施設の故障のため、9・10月乾燥区の土壤乾燥が不十分で、収穫日も早かったためか、果皮のアントシアニン含量には処理区間の差異が認められず、クロロフィル含量は乾燥期間の長かった5・6月及び9・10月乾燥区が低かった。

1984年は、1982年に比べて収穫日が遅かったためか、果皮のクロロフィル含量には処理区間に有意差が認められなかった。しかし、アントシアニン含量は、湿潤区に比較して9・10月乾燥区が有意に高かった。また、肉眼による着色調査においても、9・10月乾燥区は湿潤区に比べて着色の優れた果実が多く、9・10月の土壤乾燥によって果実の着色が増進された。

熊代・建石(15)の実験においても、湿潤区(pF2.1~2.3)に比較して、半湿潤区(pF2.3~2.7)では全糖や遊離酸含量では明瞭な差異が認められないものの、果皮の着色度は赤色が強く、黄色が弱い結果を得ている。また、相馬ら(22)も、暗渠工事園のリンゴの果実品質は、未工事園に比べて着色は良好であるが、果実成分には両園の間に差異を認めないことを考えると、果実の成分に比較して着色の方が土壤水分の影響を受けやすいものと考えられる。

土壤水分や樹体の水分状態と花芽形成については、夏期に雨が多いと生長が遅くまで続いて花芽形成が抑制されること、反対に干ばつが花芽形成を阻害したり花芽を少なくすること、さらに土壤水分ポテンシャルが低下するにつれて1樹当たり花さう数が減少するという報告(16)がある。また、Goodeら(8)は、ミストによるリンゴ樹の水ストレスの緩和は、花芽形成を増加させることを報告している。

筆者ら(12)も、7月26日から8月21日まで27日間無降雨状態(再限期間7年)で経過した1984年の夏期に、リンゴ樹の葉の水ポテンシャルと花芽形成について検討し、干天時の ϕ_{max} と翌春の開花率との間に $r=0.533^{**}$ と有意な相関係数を得ている。

しかし、青森県における‘ふじ’の花芽分化最盛期が7月上、中旬であること(12)を考えると、5・6月乾燥による水ストレスの直接的な影響は考えられず、今後さらに詳細な検討が必要である。

以上のように、本実験では、生育中期及び後期の土壤乾燥に比べて、生育前期のそれがリンゴ樹の生育や果実肥大に対する影響が大きく、一方、生育後期の土壤乾燥は、着色増進の面で効果的であるという結果であった。

したがって、リンゴ園の水分管理として、生育前期はできるだけ土壤水分を潤沢に保持し、中期は生育障害水分点を越えない程度に、そして後期は土壤乾燥を促進させるような管理が望ましく、今後、このような土壤水分パターンの現出可能な土壤管理技術の開発が必要である。

V 摘 要

1982年と1984年の2か年、降雨遮断施設内に栽植したM.9A台‘ふじ’(1974年4月,3年生樹栽植)を供試して、時期別の土壤水分処理が生育、収量及び品質に及ぼす影響について検討した。

処理区は、生育期間を3期に区分し、前期を5・6月、中期を7・8月、後期を9・10月とし、1982年は5・6月乾燥、7・8月乾燥、9・10月乾燥、さらに5・6月及び9・10月乾燥の4処理区、1984年は、5・6月乾燥、7・8月乾燥、9・10月乾燥、それに全期間湿潤処理の4処理区とした。

各処理区とも、乾燥処理以外の生育時期は湿潤処理をしたが、深さ10 cm, 20 cm及び30 cm部位に埋設したテンシオメーターを毎朝9時に観測して、湿潤処理はpF1.5~2.3, また、乾燥処理はpF2.5~2.8になるよう適宜灌水した。

結果は以下に記すとおりである。

1. 各処理区の葉の水ポテンシャルをみると、 ϕ_{max} は土壤水分状態を良く反映して、乾燥処理樹は低く、湿潤処理樹は高い値を示したが、 ϕ_{min} は土壤水分による影響が明確でなかった。また、乾燥処理区の ϕ_{max} は、湿潤処理区に比べて供試樹間の変動係数が大きかった。

2. 葉中N含有率に土壤乾燥処理の影響が現われたのは生育前期のみで、5・6月の土壤乾燥によってN含有

率が低下したが、その他の時期は乾燥処理による影響は認められなかった。

3. 平均新梢長は、5・6月乾燥区がほかの処理区に比べて短かく、1樹当たり総新梢長も同様の傾向にあり、生育前期の土壤乾燥によって樹体の生長量が抑制された。また、生育前期の土壤乾燥によって新梢伸長停止期が早まった。

4. 各生育時期の果実の肥大量をみると、5・6月乾燥区はほかの処理区に比べて生育前期(5・6月)及び生育中期(7・8月)の肥大量が小さかった。また、収穫時の1果平均重量も、5・6月乾燥区がほかの処理区に比べて小さく、5・6月の土壤乾燥がほかの生育時期の土壤乾燥に比べて、果実肥大に対する影響が大きかった。

5. 収穫果の果実硬度、可溶性固形物含量及びリンゴ酸含量は、処理区間の差異が明確でなかったが、着色は9・10月乾燥区で勝り、生育時期の土壤乾燥によって着色が増進された。

6. 花芽形成については、1982年は処理の影響がみられなかったが、1984年は湿潤処理区に比べて乾燥処理区の翌年の開花率が低く、土壤乾燥によって花芽形成率が低下した。しかし、土壤乾燥の時期による違いは明確でなかった。

引用文献

1. 青森県りんご試験場(1985) ふじの花芽分化に関する調査. 昭和60年業務年報:54.
2. 青森県りんご試験場(1986) ふじの花芽分化に関する調査. 昭和61年業務年報:51.
3. ASSAF, R., I. LEVIN and B. BRAVDO(1975) Effect of irrigation regimes on trunk and fruit growth rates, quality and yield of apple trees. J. Hort. Sci. 50:481-493.
4. DRAKE, S. R., E. L. PROEBSTING, Jr., M. O. MAHAN and J. B. THOMPSON(1981) Influence of trickle and sprinkle irrigation on 'Golden Delicious' apple quality. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 106:255-258.
5. 福島住雄(1964) りんごの生理生態. 木村甚弥編著, りんご栽培全編:311-343. 養覧堂, 東京.
6. GOODE, J. E. and K. J. HYRYCZ(1964) The response of 'Laxton's Superb' apple trees to different soil moisture conditions. J. Hort. Sci. 39:254-276.
7. GOODE, J. E. and K. H. HIGGS(1973) Water, osmotic and pressure relationships in apple leaves. J. Hort. Sci. 48:203-215.
8. GOODE, J. E., K. H. HIGGS and K. J. HYRYCZ(1979) Effects of water stress control in apple trees by misting. J. Hort. Sci. 54:1-11.
9. HALLER, M. H. and PAUL L. HARDING(1938) Relation of soil moisture to firmness and storage quality of apples. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 35:205-211.
10. 加藤 正・成田春蔵(1983) 春季の土壤水分がリンゴ樹に及ぼす影響. 土壤の物理性. 48:8-15.
11. 加藤 正・成田春蔵・岩谷 斉・相馬盛雄(1985) かん水がリンゴの収量品質に及ぼす影響. 青森りんご試報. 22:1-20.

12. 加藤 正・成田春蔵・桜田 哲・今 智之(1985) 干天時におけるリンゴ樹の水分ストレスと収穫果の大きさ及び花芽形成. 園学要旨. 昭60秋:51.
13. KENWORTHY, A. L. (1949) Soil moisture and growth of apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 54:29-39.
14. 木下 彰・吉野昭夫(1968) 土壌水分条件が養分の有効性に及ぼす影響(第1報). 土肥要旨集第14集I:2.
15. 熊代克己・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.
16. LANDSBERG, J. J. and H. G. JONES(1981) Apple orchards. T. T. KOZLOWSKI(ed.) Water deficits and plant growth. Vol VI:419-469. Academic Press, New York.
17. 町田 裕・間苧谷徹(1974) 果樹の葉内水分不足に関する研究(第1報) Pressure chamberによる温州ミカンのWater potentialの測定法について. 園学雑. 43:7-14.
18. 望月武雄・花田 慧(1960) りんご果実の生育と生育経過並びにその品質に及ぼす土壌水分の影響(第1報). 早ばつ園における果実の生育経過. 弘大農報. 6:43-56.
19. 望月武雄・鎌倉二郎(1968) リンゴ樹の窒素栄養に関する研究. I. ¹⁵N標識肥料を使用した予備実験. 弘大農報. 14:27-31.
20. MOCHIZUKI, T. and J. KAMAKURA(1971) Nitrogen nutrition of apple trees. II. The relationships between the time of nitrogen application and its distribution among the parts of fruit bearing trees. 弘大農報. 17:102-109.
21. 坂上行雄・水沼 豊(1968) 作物の干ばつと養分吸収に関する研究(第4表). 玉ネギの生育と無機養分吸収に及ぼす土壌水分の影響. 土肥誌. 39:375-379.
22. 相馬盛雄・加藤 正・成田春蔵・中村幸夫(1972) リンゴ園の暗渠排水に関する研究. 青森りんご試報. 17:19-80.
23. 相馬盛雄・成田春蔵・加藤 正(1972) 土壌水分とリンゴ樹の生育ならびに果実品質に関する研究. 第1報 沖積土壌におけるスターキングデリシャスの生育. 園学要旨. 昭47春:70-71.
24. 相馬盛雄・成田春蔵・加藤 正(1972) 土壌水分とリンゴ樹の生育ならびに果実品質に関する研究. 第3報 土壌の乾湿と果実硬度. 滴定酸度および屈折計示度. 園学要旨. 昭47春:74-75.
25. 田中 謙(1966) リンゴ園の土壌管理法に関する研究(第2報). リンゴ園のかん水に関する試験. 園学要旨. 昭41秋:93-94.
26. 田村 勉・福井博一・今河 茂・三野義雄(1981) リンゴ果実及び種子の発育に及ぼす果実発育初期の温度の影響. 園学雑. 50:287-296.

Effects of Seasonal Soil Moisture on the Growth, Yield and Fruit Quality of Apple Trees

Tadashi KATO and Haruzo NARITA

Aomori Apple Experiment Station

Kuroishi, Aomori, 036-03, JAPAN

Summary

In order to elucidate the effects of seasonal soil moisture on the growth and yield of apple trees as well as on the fruit quality, this experiment was conducted for a period of two years in 1982 and 1984. Cultivar used was 'Fuji' grafted on M. 9 A rootstock. Twenty three-year-old trees were planted in 1974, five in each of four concrete frames of 5m×3m. The frames were equipped with a flexible cover which could automatically close in accordance with rainfall.

The experimental design was as follow:

Year	Frame	Period of Treatment		
		May-Jun	Jul-Aug	Sept-Oct
1982	A	Dry	Wet	Wet
	B	Wet	Dry	Wet
	C	Wet	Wet	Dry
	D	Dry	Wet	Dry
1984	A	Dry	Wet	Wet
	B	Wet	Dry	Wet
	C	Wet	Wet	Dry
	D	Wet	Wet	Wet

Soil moisture was maintained at 1.5 - 2.3 and 2.5 - 2.8pF values during wet and dry treatments respectively, by watering and intercepting rain.

Results obtained are as follows.

1. Soil moisture was reflected in the maximum leaf water potential (ψ_{max}) measured before sunrise; the values of ψ_{max} were higher in the trees with the wet treatment than in those with the dry treatment irrespective of the periods. The minimum values measured at noon, however, were not related to the soil moisture.
2. In June, the foliage with the dry treatment was lower in nitrogen content than that with the wet treatment. In later periods, however, no differences were noticed between the treatments.
3. In the trees which received the dry treatment during May to June, shoot growth stopped earlier. As a result, the shoots on these trees were the shortest in the fall. In the trees dried at other periods, no differences were noticed in the shoot growth.

Received for publication, September 5, 1987.

4. As a result of the dry treatment during May to June, fruit growth was retarded until the end of August and thus the fruit size at harvest was smallest. The dry treatment at other periods did not affect fruit size.
5. Harvested fruits from all frames were not significantly different in firmness, soluble solid or malic acid. Although no data were obtained for fruit color in 1982, it was improved by the dry treatment during September to October in 1984.
6. In 1982, the ratios of flower bud formation ranged from 78 to 87 per cent. The differences between the combinations of treatments were not statistically significant. In 1984, the ratios were abnormally lower than normal years ranging from 15 to 32 per cent. The flower bud formation was lower in the trees with the dry treatment at any period than in those with the wet treatment for all periods.

