

リンゴ樹の生理的变化に及ぼす断根の影響

上 田 仁 悦・照 井 真・水 野 昇

目 次

I. 緒 言	14
II. 材料及び方法	14
1. 倒伏樹の生理的变化と回復に要する期間 ..	14
2. 断根樹の生理的变化と回復に要する期間 ..	15
III. 試験結果	15
1. 倒伏樹の生理的变化と回復に要する期間 ..	15
2. 断根樹の生理的变化と回復に要する期間 ..	17
1) 断根時期と樹体生理の関係	17
2) 断根樹の樹勢回復に及ぼす結実管理の影響 ..	18
3) 断根樹の樹勢回復に及ぼす肥培管理の影響 ..	18
IV. 考 察	21
1. 断根（倒伏）が樹体生理に及ぼす影響	21
2. 倒伏の時期とその影響	22
3. 断根樹の樹勢回復に及ぼす栽培管理の影響 ..	22
4. 断根樹の樹勢回復に要する期間	22
V. 摘 要	23
VI. 引用文献	23

I. 緒 言

一般にリンゴ樹に対する断根処理は、樹の大きさと樹勢をコントロールする手段の一つとしての可能性が示唆されており、Ferree (1992), Geisler and Ferree (1984), Schupp and Ferree (1987, 1988, 1989) は、断根処理がリンゴ樹の新梢長、幹肥大、収穫前落果、果実径、葉の水ポテンシャル及び純光合成を減少させ、樹冠内への光透入、果皮色及び果実硬度を増加させることを報告している。

しかし、これら研究の多くは、樹勢をコントロールするための最適な処理時期と処理程度を明らかにすることを主目的としており、断根処理効果の持続性については、Schupp and Ferree (1989) が、未結果樹は根の再生が速いため、生育を抑制するためには生育期間中、数多くの断根が必要であろうと、断根処理効果の持続性が短いことを推察している以外、具体的な報告はみあたらない。

このため著者らは、台風9119号の強風により倒伏したリンゴ樹のその後の生理的变化と生育状況を追跡調査するとともに、8月下旬と9月下旬に人為的に根量の60%にも及ぶ過酷な断根処理を行い、これらに対する結実、

1999年1月10日受理

肥培管理の違いが樹勢回復に及ぼす影響を調査した。

本報告は、これらの試験結果をとりまとめたものである。

本試験は、1992年から開始された地域重要新技術開発促進事業「落葉果樹の台風被害対策技術の確立」の一課題として実施したものである。なお、その一部は「東北農業研究」に発表しているが（上田ら、1995, 1996）、ここではそれらも含めて報告することにした。

本報告の取りまとめに当たり、弘前大学農学生命科学部教授の福田博之博士、並びに当試験場長の久米靖徳博士に御校閲をいただいた。ここに記して深謝の意を表したい。

II. 材料及び方法

1. 倒伏樹の生理的变化と回復に要する期間

1) 供試樹及び処理方法

1991年秋に台風9119号で倒伏した試験場内（鯉淵統；腐植層50cmで有効土層は深い）の9年生‘ふじ’/M.26/マルバカイドウ台樹と、鹿角市東町（那須野統；腐植層25cmで有効土層は非常に浅い）の13年生‘ふじ’/M.26/マルバカイドウ台樹を供試し、倒伏により露出した根の状態から断根程度を判断し、第1表のように調査樹を設定した。なお、倒伏樹の立て直しは土壌改良材等を用いず、園地内の土壌のみで行った。

第1表 調査樹の構成

場 所	品 種	断 根 の 程 度			
		2 割	4 割	6 割	対 照
場 内	ふ じ	3 本	2 本	3 本	9 本
東 町	ふ じ	3 本	—	3 本	3 本

2) 調査方法及び調査項目

樹体生長調査は翌春から行い、幹周は各年の春と秋に接ぎ木部から20cm上部を測定した。新梢長は新梢伸長停止後の8月に1樹当たり10本を測定し、葉面積は自動葉面積計（AAM-8型；林電工社製）で1樹当たり30枚の新梢中位葉を測定した。また、葉色はSPAD501（ミノルタ社製）を用い、葉面積に供試した葉を測定した。

葉中無機成分含量の分析は常法により、窒素はケルダール法、リンはバナドモリブデン酸法、カリウム、カルシウム、マグネシウムは原子吸光法で測定した。

蒸散流速は、HP-1型（林電工社製）で1994年から2か年、晴天日の午前10時から午後2時の間に、主幹の地上約50cmの高さで、倒伏した側と反対側の対角2か所で測定し、その平均値を1樹当たりの蒸散流速とした。

果実品質は収穫期に1樹当たり10果を調査し、樹冠容積は春のせん定後に半楕円球として求めた。

2. 断根樹の生理的变化と回復に要する期間

1) 供試樹及び処理方法

果樹試験場鹿角分場内のは場（鯉淵統；腐植層50cmで有効土層は深い）に栽植されている16年生‘ふじ’/M.9台樹を供試し、1992年8月25日と9月25日に、以下の方法でそれぞれ断根処理を行った。

断根処理に当たっては、予め処理樹の周り半径約50cmをスコップで掘り上げ、主幹基部から発生している直径1cm以上の根を全てノギスで測定し、根は根部全体の根量に対し約60%の断根率になるよう発生基部から1.5～2.0cmの部位をノコギリで切断した。切断した根は可能な限り掘り上げ、土を埋め戻す際に1樹当たり苦土石灰5kgを混和し、着果していた果実は処理時に全て摘除した。

なお、断根率を約60%に設定したのは、実際の台風9119号による倒伏樹の調査から、断根の影響が観察されたのは断根程度が60%以上の被害樹であったからである（上田ら、1992）。

断根処理樹への着果量、施肥量の各処理程度は、第2表のように設置し、1区3樹ずつ同1樹に対し翌春から継続処理を行った。結実管理は、4頂芽1果を100%着果区、8頂芽1果を50%着果区、無着果を0%着果区とし、せん定後の頂芽数調査を基に着果数を調整した。施肥は化成肥料（N：20%， P_2O_5 ：8%， K_2O ：14%）を用い、第2表に示した量を施肥した。

第2表 試験区の構成

着果 程度	断根処理時期					
	8月下旬			9月下旬		
	5kg ²	10kg	20kg	5kg	10kg	20kg
100%	3本	3本	3本	3本	3本	3本
50%	—	3本	—	—	3本	—
0%	—	3本	—	—	3本	—

² 施肥量kg/10a

2) 調査方法及び調査項目

樹体生長、果実品質等の調査は、試験1と同様の方法と項目で翌春から行った。

Ⅲ. 試験結果

1. 倒伏樹の生理的变化と回復に要する期間

倒伏被害樹の倒伏翌年以降の開花率は、断根の影響による低下は認められず、1花そう当たりの開花数、結実率にも差はみられなかった。幹周の肥大率は、断根6割樹でやや低めに経過する傾向を示したが、断根2割、4割樹では対照樹との間に統計的な有意差は認められなかった。

葉色は断根による影響が認められなかったが、葉面積は断根4割以上で低下する傾向がみられ、倒伏2年後の場内の断根6割樹は対照に比べ有意に低下した（第3表）。

葉中無機成分含量への影響は、葉中窒素含量を含め他の成分にも断根の影響は認められなかった（第4表）。

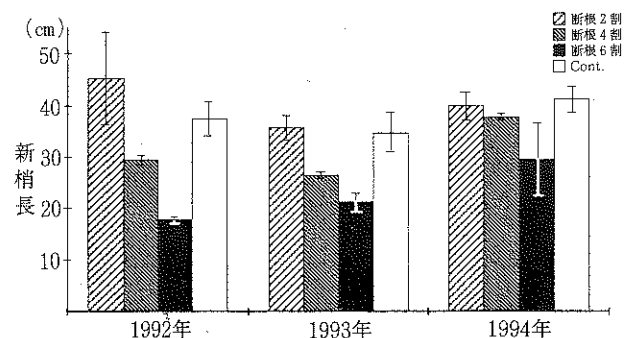
果実品質への影響は、対照樹に比較し硬度、糖度が高まり、地色や着色も進む傾向がみられたが、その他の品質に一定の傾向はみられなかった（第5表）。果実品質への影響は、樹勢の回復とともに薄れ、倒伏3年後には認められなくなった。

新梢長への影響は、断根2割樹を除き、断根程度が高まるほど新梢伸長が抑制される傾向がみられ、蒸散流速度も同様の傾向を示した。しかし、倒伏後3年目の断根6割樹の新梢長は、場内、現地とも適樹勢指標の30cm近くまで回復し、蒸散流速度も場内で77.7%、現地で52.4%まで上昇した（第1-1図、第1-2図、第2図）。

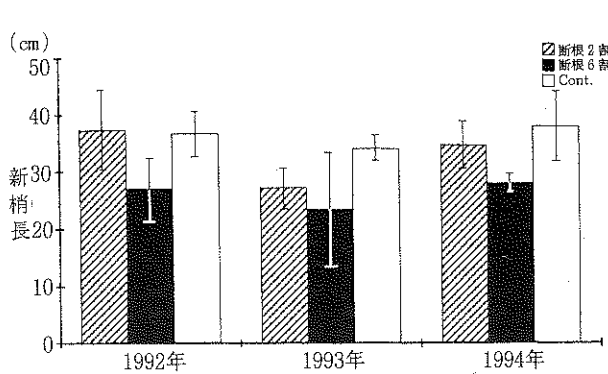
樹冠容積への影響は、場内の断根6割樹で低下する傾向がみられ、倒伏2年後には有意な低下が認められたが、現地では断根程度に応じた減少はみられなかった。

収量（生産効率）への影響は、断根4割以下の倒伏樹では、倒伏後3年間の総収量は対照樹とほとんど差が無く収量の低下は認められなかったが、場内の断根6割樹では対照樹の23.7%、現地で53.1%まで大幅に低下した（第6表）。

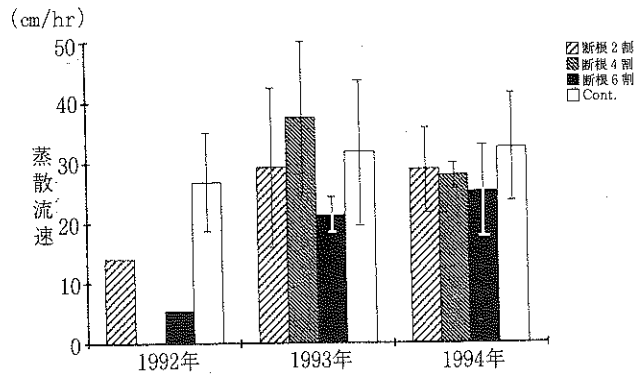
樹勢回復の速度は、有効土層の浅い園地（現地）よりも深い園地（場内）で早まる傾向がみられ、断根6割樹でも倒伏後3年目には樹勢、収量とも対照樹の90%程度まで回復した。



第1-1図 台風倒伏樹の新梢長の推移
（品種：ふじ、場所：場内）



第1-2図 台風倒伏樹の新梢長の推移
(品種:ふじ, 場所:東町)



第2図 台風倒伏樹の蒸散流速の推移
(品種:ふじ, 場所:場内)

第3表 台風倒伏樹の生理的变化

場所	品種	断根 程度	開花率(%)			幹周肥大率(%)			葉色(SPAD)			葉面積 (cm ²)	
			1992年	1993	1994	1993年	1994	1995	1992年	1993	1994	1993年	1994
場内	ふじ	20%	46.6	49.2a	53.0	107.4	106.5	106.4	48.3	39.7	44.6	34.2a	35.7
		40	72.9	77.1	64.1	106.9	105.7	109.4	45.3	40.1	45.5	31.2	35.4
		60	48.8	73.1b	51.6	104.5	105.7	105.2	44.3	40.2	46.0	27.9b	34.0
		対照	45.2n.s	65.1a	64.4n.s	105.8n.s	105.2n.s	107.3n.s	45.0n.s	40.6n.s	44.6n.s	32.1a	36.0n.s
東町	ふじ	20	62.9	62.0	63.5	106.2	102.4	105.4	50.2	41.7a	50.3	25.4	29.5
		60	67.9	68.6	55.2	105.1	100.8	105.3	50.2	44.3b	51.9	22.4	29.1
		対照	46.9n.s	65.0n.s	57.4n.s	104.1n.s	105.1n.s	103.4n.s	49.9n.s	43.5b	50.3n.s	26.6n.s	32.4n.s

注1) 開花率: (花そう数/頂芽数)×100

注2) 幹周肥大率: 前年比

注3) 表中の異符号はNEWMAN-KEULS' TESTにより5%レベルで有意差あり. ただし, 場内の断根4割樹は, 供試樹不足のため統計処理から除いた.

第4表 台風倒伏樹の葉中無機成分含量

場所	品種	断根 程度	乾物(%) 1993年					乾物(%) 1994年				
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
場内	ふじ	20%	2.55	0.18	1.27	1.23	0.33	2.41	0.17	1.84	1.21	0.34
		40	2.66	0.19	1.19	1.40	0.33	2.28	0.16	1.63	1.15	0.35
		60	2.61	0.17	1.27	1.26	0.38	2.40	0.16	1.68	1.10	0.37
		対照	2.75	0.16	1.26	1.14	0.34	2.78	0.16	1.68	1.34	0.36
東町	ふじ	20	2.70	0.14	1.60	1.06	0.24	2.67	0.17	1.94	1.21	0.33
		60	3.05	0.14	1.41	1.19	0.32	2.69	0.18	1.88	1.19	0.34
		対照	2.87	0.14	1.45	1.08	0.28	2.72	0.17	1.87	1.02	0.33

第5表 台風被害樹の果実品質 (1992年)

場所	品種	断根 程度	果重 (g)	硬度 (lbs)	糖度 (%)	リンゴ酸 (g/100ml)	地色	着色	みつ入り	ヨード 反応
場内	ふじ	20%	292a	14.9b	12.5b	0.324	3.0	3.7	1.9	0.8
		40	299	15.2	13.7	0.340	3.1	4.2	2.2	0.9
		60	236b	16.5a	14.4a	0.356	3.2	4.6	2.6	0.8
		対照	299a	15.3b	13.7b	0.336n.s	3.1	3.9	2.1	0.6
東町	ふじ	20	265	16.5	13.9	0.372	3.5	4.8	2.5	0.6
		60	271	16.8	14.4	0.378	3.2	4.7	2.5	0.7
		対照	260n.s	16.2	13.4	0.347n.s	3.1	4.1	2.6	0.7

注1) 地色: ゴールデン・デリシャス地色用カラーチャート使用

注2) 着色: 着色面積割合で1~5

注3) みつ入り: みつ入り程度で0~4

注4) ヨード反応: 染色割合で1~5

注5) 表中の符号は第3表に同じ

第6表 台風被害樹の樹冠容積と収量の推移

場所	品種	断根 程度	1993年		1994年		1995年	
			樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)	樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)	樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)
場内	ふじ	20%	25.8	0.54a	27.8a	0.33	21.8	0.31
		40	27.2	0.65	22.0	0.54	24.9	0.34
		60	19.8	0.14b	17.9b	0.43	17.3	0.39
		対照	23.4n.s	0.59a	23.5a	0.46n.s	24.0n.s	0.45n.s
東町	ふじ	20	16.4	0.44	17.1	0.93 ²	16.1	0.24
		60	19.9	0.26	19.0	0.86 ²	17.7	0.17
		対照	17.9n.s	0.49n.s	14.4n.s	0.92 ² n.s	14.0n.s	0.16n.s

注1) 表中の符号は第3表に同じ

2. 断根樹の生理的变化と回復に要する期間

1) 断根時期と樹体生理の関係

断根処理時期別の樹体生理への影響は、幹周肥大率や葉色、葉面積においては、8月下旬処理区よりも9月下旬処理区で劣る傾向がみられ(第7表)、葉中無機成分のカルシウム含量においても同様の傾向がみられた。しかし、処理2年後からは処理区内のばらつきが大きくなり、明確な差は認められなくなった(第8表)。

果実品質への影響は、両処理区とも無処理区に比べ糖度が高まる傾向を示したが、果重は9月下旬処理でやや小玉化する傾向がみられた(第9表)。

樹冠容積への影響は、両処理区とも樹勢低下に伴い無処理区に比べ有意に低下したが、処理時期による差は認

められなかった(第10表)。

収量(生産効率)への影響は、両処理区とも無処理区と差がなく、断根処理時期による影響は認められなかった(第10表)。

断根処理時期による樹勢回復への影響は、新梢長と蒸散流速の推移には両処理区に明確な差は認められなかった(第3図)。

また、9月下旬断根処理区の78.9%断根処理樹は、断根処理翌春の開花期まで順調に生育していたが、落花期以降、樹冠上部より次第に萎凋が見え始め最終的には枯死に至った。このため供試樹数の不足により、これらの結果に対する統計処理は行えなかった。

第7表 断根処理時期の違いがリンゴ‘ふじ’の生理生態に及ぼす影響

処 理 区	断根率 (%)	開 花 率 (%)			幹周肥大率 (%)			葉 色 (SPAD)			葉 面 積 (cm ²)		
		1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995
8月下旬—1 断根 —2 —3	56.3	64.9	95.5	45.4	103.0	104.3	104.3	44.3	52.1	44.3	28.9	36.5	27.7
	43.1	67.8	67.8	52.4	108.0	103.5	103.5	41.1	51.4	48.1	24.8	29.4	30.3
	69.5	70.7	70.7	63.2	103.0	103.5	103.5	42.3	49.4	45.9	30.8	20.1	28.2
9月下旬—1 断根 —2 —3	78.9	63.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	51.0	79.5	59.9	41.3	101.0	101.2	101.2	38.8	42.5	44.7	28.4	30.1	35.1
	54.7	56.0	67.1	21.8	116.0	103.1	103.1	39.4	49.3	47.5	20.3	30.9	31.9
無処理 —1 —2 —3	—	46.3	60.4	56.2	103.0	102.2	103.2	40.7	52.5	48.3	30.9	37.0	33.5
	—	54.3	51.9	7.9	108.0	104.4	103.5	41.1	49.8	45.4	34.5	43.4	37.4
	—	49.2	77.9	33.9	106.0	104.1	101.7	41.6	52.5	45.5	30.6	37.9	38.1

注1) 開花率: (花そう数/頂芽数)×100

注2) 幹周肥大率: (秋/春)比

第8表 断根処理時期の違いがリンゴ‘ふじ’の葉中無機成分含量に及ぼす影響

処 理 区	断根率 (%)	乾物 (%) 1993年					乾物 (%) 1994年					乾物 (%) 1995年				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
8月下旬—1 断根 —2 —3	56.3	2.54	0.13	1.08	1.46	0.30	2.50	0.19	1.52	1.63	0.38	2.50	0.23	1.34	1.06	0.35
	43.1	2.67	0.12	1.02	1.34	0.31	2.51	0.16	1.23	1.33	0.43	2.40	0.18	1.14	1.30	0.39
	69.5	2.63	0.12	1.08	1.29	0.41	2.65	0.12	1.15	0.99	0.45	2.52	0.20	1.40	1.13	0.38
9月下旬—1 断根 —2 —3	78.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	51.0	2.65	0.19	0.81	1.04	0.39	2.37	0.17	1.14	1.23	0.52	2.38	0.14	0.99	1.01	0.45
	54.7	2.69	0.14	0.88	0.76	0.40	2.40	0.09	1.45	1.06	0.44	2.48	0.23	1.13	0.66	0.40
無処理 —1 —2 —3	—	2.84	0.20	1.41	1.23	0.34	2.88	0.15	1.65	1.17	0.34	2.41	0.21	1.30	1.13	0.39
	—	2.73	0.18	1.28	1.13	0.28	2.79	0.12	1.64	1.14	0.32	2.60	0.20	1.68	1.10	0.25
	—	2.68	0.17	1.26	1.09	0.33	2.70	0.15	1.84	1.29	0.37	2.64	0.16	1.57	1.01	0.29

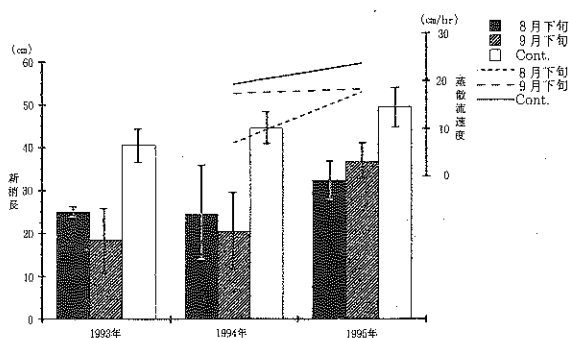
第9表 断根処理時期の違いがリンゴ‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響

処 理 区	断根率 (%)	平均果重 (g)			硬 度 (lbs)			糖 度 (%)			リンゴ酸(g／100ml)			
		1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	
8月下旬— 断根	— 1	56.3	283.5	300.7	311.7	16.3	15.7	15.9	14.2	13.7	14.0	0.353	0.423	0.363
	— 2	43.1	295.9	275.8	318.2	17.2	16.0	16.1	14.8	14.6	14.1	0.379	0.394	0.337
	— 3	69.5	282.9	253.0	276.0	16.8	16.0	16.3	14.5	14.3	14.1	0.365	0.410	0.324
9月下旬— 断根	— 1	78.9	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	— 2	51.0	239.1	210.5	319.4	16.8	16.6	16.1	13.7	14.0	13.2	0.340	0.366	0.331
	— 3	54.7	185.9	266.0	321.4	16.0	16.4	15.1	13.1	13.8	13.4	0.306	0.377	0.367
無処理	— 1	—	272.7	303.5	322.9	16.4	15.0	15.1	13.6	13.6	12.9	0.660	0.389	0.338
	— 2	—	241.1	254.7	250.0	17.4	16.2	14.8	12.9	12.9	12.4	0.360	0.405	0.318
	— 3	—	284.5	276.4	364.8	16.2	16.4	15.0	13.0	13.0	13.1	0.372	0.400	0.344

注1) 平均果重: 収量/一樹収穫個数

第10表 断根処理時期の違いがリンゴ‘ふじ’の樹冠容積と収量に及ぼす影響

处 理 区	断根率 (%)	1993年		1994年		1995年		
		樹冠容積 (m³)	生産効率 (kg/cnf)	樹冠容積 (m³)	生産効率 (kg/cnf)	樹冠容積 (m³)	生産効率 (kg/cnf)	
8月下旬— 断根	1	56.3	14.7	0.31	7.9	0.39	7.0	0.14
	2	43.1	6.3	0.37	6.7	0.37	4.5	0.20
	3	69.5	8.4	0.24	6.8	0.05	3.2	0.30
9月下旬— 断根	1	78.9	7.0	—	—	—	—	—
	2	51.0	10.0	0.26	6.4	0.11	5.6	0.23
	3	54.7	7.5	0.22	4.3	0.33	4.6	0.11
無处理	1	—	20.9	0.17	11.9	0.15	8.9	0.25
	2	—	22.3	0.19	11.9	0.10	10.1	0.05
	3	—	24.5	0.27	9.7	0.17	11.1	0.28



第3図 断根処理時期の違いによる断根樹リンゴ‘ふじ’の新梢長及び蒸散流速の推移

2) 断根樹の樹勢回復に及ぼす結実管理の影響

着果量の違いが断根処理樹の樹体生理に及ぼす影響は、いずれの形質とも一定の傾向は認められなかった(第11表)。しかし、処理翌年の葉中無機成分含量は、0%着果区で窒素含有量が低下し、葉の乾物率は高まる傾向を示した(第12表)。

果実品質への影響は、100%着果区に比べ50%着果区で1樹当たりの平均果重や糖度が増加する傾向がみられたが、その他の形質には一定の傾向は認められなかった(第13表)。

着果制限が樹勢回復へ及ぼす影響は、新梢長と蒸散流速の推移から0%着果区でやや早まる傾向がみられる

が、その差は50%、100%着果区に比べわずかであった(第4図)。

3) 断根樹の樹勢回復に及ぼす肥培管理の影響

施肥量の違いが断根処理樹の樹体生理に及ぼす影響は、葉中無機成分含量以外、特に認められなかった(第14表)。葉中無機成分含量は、窒素施肥量20kg/10a区で常に葉中窒素が高まる傾向がみられたが、他の無機成分含量に一定の傾向は認められなかった(第15表)。

果実品質への影響は、窒素施肥量20kg/10a区で地色、着色が他の処理区よりも劣る傾向がみられた以外、特に有意な差は認められなかった(第16表)。

樹冠容積、収量(生産効率)への影響は、窒素施肥量を多くしても樹冠拡大には結びつかず、施肥量と生産効率にも一定の傾向は認められなかった(第17表)。

新梢長と蒸散流速の推移に、施肥量による明確な差は認められなかった(第5図)。

第11表 着果基準の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の生理生態に及ぼす影響

処 理 区	着果基準 (%)	断根率 (%)	開 花 率 (%)			幹周肥大率 (%)			葉 色 (SPAD)			葉 面 積 (cm ²)		
			1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995
8 月下旬 断根	100	56.3	67.8a	94.6a	52.9a	104.5a	103.5a	101.2b	42.3a	51.0a	46.4a	28.2ab	28.7a	28.7b
	50	59.9	69.8a	88.7	46.3	105.2a	105.8	104.1	40.1a	50.1	45.3	23.2bc	29.0	28.9
	0	68.1	74.2	87.1	62.4	105.0	104.7	103.6	38.2	48.7	45.2	23.8	29.3	30.1
9 月下旬 断根	100	61.5	71.3	63.5	32.9	108.1	102.2	102.1	39.1	45.9	46.1	24.4	30.5	33.5
	50	65.2	66.7a	91.7a	26.4a	102.0a	103.2a	109.8a	40.0a	49.2a	45.3a	20.8c	29.0a	30.0b
	0	58.0	52.0	77.4	50.6	109.2	104.7	109.8	39.1	50.2	45.9	23.3	29.9	30.8
無 処 理	100	—	49.9b	63.4b	29.8a	104.3a	106.8a	102.8b	41.1a	51.7a	46.4a	32.0a	39.4a	36.3a

注1) 開花率: (花そう数/頂芽数)×100

注2) 幹周肥大率: (秋/春) 比

注3) 表中の異符号はNEWMAN-KEUL'S TESTにより5%レベルで有意差あり。ただし、符号の無いものは枯死による供試樹不足のため統計処理から除いた。

第12表 着果基準の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の葉中無機成分含量に及ぼす影響

処 理 区	着果基準 (%)	断根率 (%)	乾 物 (%) 1993年					乾 物 (%) 1994年					乾 物 (%) 1995年				
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
8 月下旬 断根	100	56.3	2.61	0.12	1.06	1.36	0.34	2.55	0.16	1.30	1.32	0.42	2.48	0.20	1.30	1.16	0.37
	50	43.1	2.54	0.15	0.89	1.02	0.43	2.62	0.15	1.26	1.08	0.47	2.51	0.17	1.08	0.88	0.38
	0	69.5	2.36	0.16	0.94	0.90	0.38	2.42	0.15	1.52	1.04	0.48	2.35	0.17	1.23	0.83	0.38
9 月下旬 断根	100	78.9	2.67	0.16	0.84	0.90	0.40	2.39	0.13	1.30	1.15	0.48	2.43	0.19	1.06	0.84	0.42
	50	51.0	2.68	0.19	0.87	0.92	0.43	2.49	0.16	1.34	1.07	0.51	2.46	0.22	1.27	0.94	0.37
	0	54.7	2.47	0.14	0.81	0.88	0.34	2.64	0.19	1.37	1.11	0.44	2.50	0.21	1.32	0.90	0.36
無処理	100	—	2.75	0.18	1.31	1.15	0.32	2.79	0.14	1.71	1.20	0.34	2.55	0.19	1.52	1.08	0.31

第13表 着果基準の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響

処 理 区	着果基準 (%)	断根率 (%)	平均果重 (g)			硬 度 (lbs)			糖 度 (%)			リンゴ酸 (g/100ml)		
			1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995
8 月下旬 断根	100	56.3	293.3a	293.3a	325.6a	16.8a	16.0a	16.1b	14.5a	14.3a	14.1a	0.366a	0.410a	0.341b
	50	43.1	273.3a	329.4	350.2	16.5a	15.8	16.6	14.6a	14.8	14.7	0.361a	0.378	0.359
	0	69.5	261.7a	303.9a	378.7a	16.4a	15.7a	16.3b	14.8a	14.3a	14.2a	0.351a	0.382a	0.396a
9 月下旬 断根	100	78.9	216.5	249.8	339.8	16.4	16.5	15.6	13.4	13.9	13.3	0.323	0.372	0.349
	50	51.0	261.7a	303.9a	378.7a	16.4a	15.7a	16.3b	14.8a	14.3a	14.2a	0.351a	0.382a	0.396a
	0	54.7	247.0	303.9a	378.7a	16.4a	15.7a	16.3b	14.8a	14.3a	14.2a	0.351a	0.382a	0.396a
無処理	100	—	283.3a	332.4a	358.2a	16.7a	16.4a	15.0a	13.5b	13.0b	12.8b	0.364a	0.399a	0.333b

注1) 表中の符号は第11表に同じ。

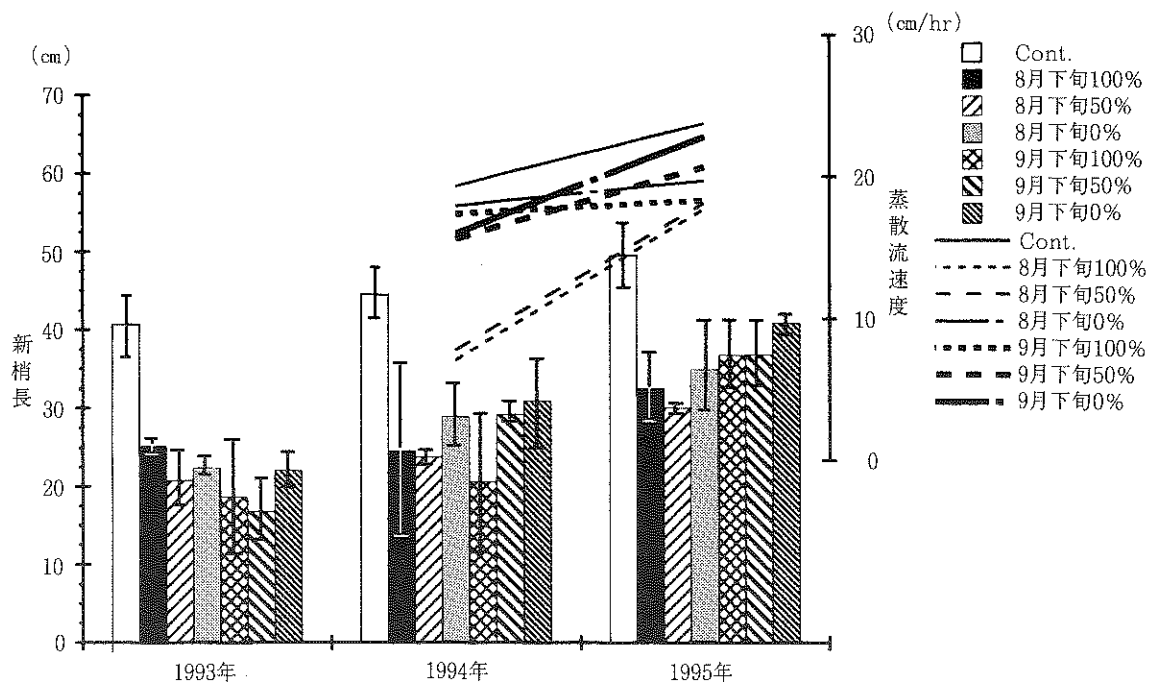
第14表 施肥量の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の生理生態に及ぼす影響

処 理 区	施肥量 (kg/10a)	断根率 (%)	開 花 率 (%)			幹周肥大率 (%)			葉 色 (SPAD)			葉 面 積 (cm ²)		
			1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995
8 月下旬 断根	5	69.2	78.3a	78.7a	60.7a	102.8a	102.5a	101.9a	38.2b	48.7ab	45.4a	24.2ab	25.2a	24.9b
	10	56.3	67.8ab	94.6a	52.9a	104.5a	103.5a	101.2a	42.3a	51.0a	46.1a	28.2ba	28.7a	28.7b
	20	67.5	61.8ab	93.0	50.0	103.5a	101.8	100.3	42.3	50.3	47.7	24.6	29.2	29.6
9 月下旬 断根	5	61.2	56.3b	68.0a	40.4	102.3a	103.2a	103.1	39.6b	46.6b	43.1a	21.5c	30.5	29.7
	10	61.5	71.3	63.5	32.9	108.1	102.2	102.1	39.1	45.9	46.1	24.4	30.5	33.5
	20	61.9	52.2b	78.4a	38.1	101.0a	103.8a	103.8a	40.6b	49.1ab	43.8	19.6bc	29.0a	31.7ab
無 処 理	10	—	49.9b	63.4a	29.8a	104.3a	106.8a	102.8a	41.1ab	51.7a	46.4a	32.0a	39.4a	36.3a

注1) 開花率: (花そう数/頂芽数)×100

注2) 幹周肥大率: (秋/春) 比

注3) 異符号はNEWMAN-KEUL'S TESTにより5%レベルで有意差あり。ただし、符号の無いものは枯死による供試樹不足のため統計処理から除いた。



第4図 着果基準の違いによる断根樹リンゴ‘ふじ’の新梢長及び蒸散流速の推移

第15表 施肥量の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の葉中無機成分含量に及ぼす影響

処 理 区	施肥量 (kg/10a)	断根率 (%)	乾物 (%) 1993年					乾物 (%) 1994年					乾物 (%) 1995年				
			N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
8 月下旬 断根	5	69.2	2.53	0.19	0.80	1.09	0.45	2.57	0.18	1.18	0.97	0.49	2.50	0.20	1.14	1.03	0.39
	10	56.3	2.61	0.12	1.06	1.36	0.34	2.55	0.16	1.30	1.32	0.42	2.48	0.20	1.30	1.16	0.37
	20	67.5	2.80	0.11	0.77	1.27	0.50	2.80	0.14	1.44	1.13	0.47	2.56	0.19	1.34	0.90	0.36
9 月下旬 断根	5	61.2	2.55	0.17	0.85	0.91	0.44	2.34	0.16	1.22	1.08	0.46	2.38	0.22	1.21	0.85	0.39
	10	61.5	2.67	0.16	0.84	0.90	0.40	2.39	0.13	1.30	1.15	0.48	2.43	0.19	1.06	0.84	0.42
	20	61.9	2.59	0.13	1.05	1.23	0.48	2.53	0.13	1.32	1.13	0.47	2.44	0.18	1.26	0.95	0.40
無 処 理	10	—	2.75	0.18	1.31	1.15	0.32	2.79	0.14	1.71	1.20	0.34	2.55	0.19	1.52	1.08	0.31

第16表 施肥量の違いが断根樹リンゴ‘ふじ’の果実品質に及ぼす影響

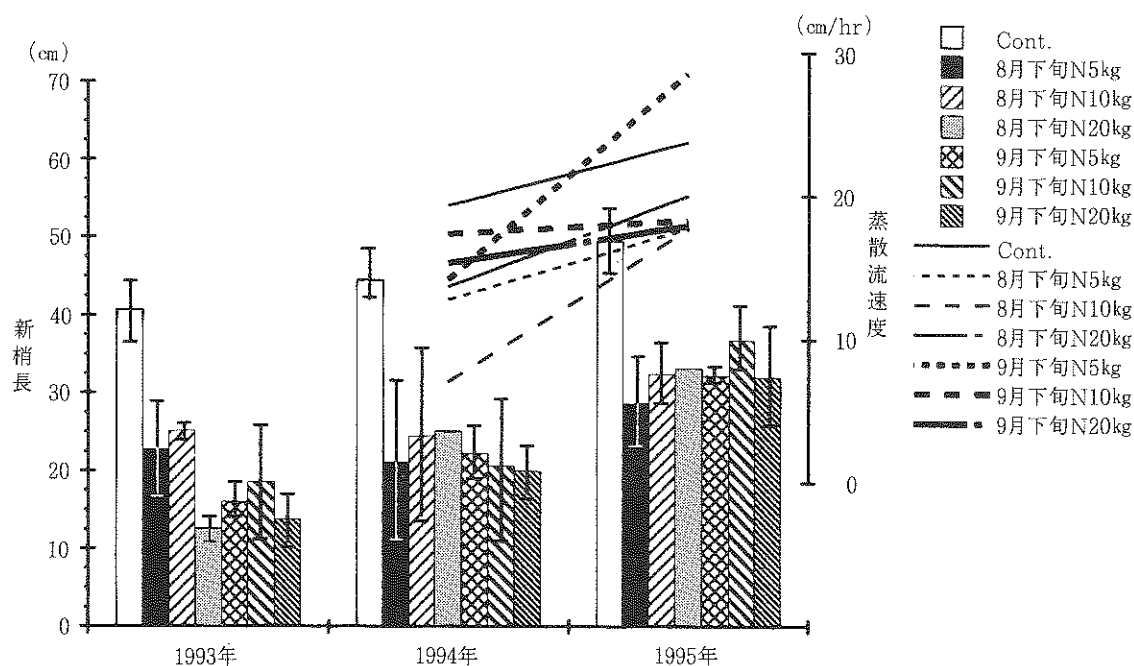
処 理 区	施肥量 (kg/10a)	断根率 (%)	開 花 率 (%)			幹周肥大率 (%)			葉 色 (SPAD)			葉 面 積 (cm ²)		
			1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995	1993年	1994	1995
8 月下旬 断根	5	69.2	272.7a	274.5a	319.2a	16.5a	16.2a	15.7a	14.1b	14.3a	14.2a	0.334ab	0.356b	0.342a
	10	56.3	293.3a	293.3a	325.6a	16.8a	16.0a	16.1a	14.5a	14.3a	14.1a	0.366a	0.410a	0.341a
	20	67.5	262.7a	320.8	348.9	15.8a	15.7	16.3	14.0b	14.0	14.7	0.340ab	0.353	0.375
9 月下旬 断根	5	61.2	213.3a	258.5a	320.2	16.7	15.9	16.6	14.4a	14.0a	14.2	0.336ab	0.353b	0.347
	10	61.5	216.5	249.8	339.8	16.4	16.5	15.6	13.4	13.9	13.3	0.323	0.372	0.349
	20	61.9	231.0a	273.8a	323.2a	16.1a	16.1a	16.7a	13.7b	13.9a	14.4a	0.317b	0.353b	0.358a
無 処 理	10	—	283.3a	332.4a	358.2a	16.7a	16.4a	15.0b	13.5b	13.0b	12.8b	0.364a	0.399a	0.333a

注1) 表中の符号は第14表に同じ。

第17表 施肥量の違いが断根樹リング‘ふじ’の樹冠容積と収量に及ぼす影響

処 理 区	施肥量 (kg/10a)	断根率 (%)	1993年		1994年		1995年	
			樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)	樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)	樹冠容積 (m ³)	生産効率 (kg/cm ²)
8月下旬 断根	5	69.2	8.9b	0.29a	5.6bc	0.18a	4.6b	0.30a
	10	56.3	9.8b	0.31a	7.1b	0.27a	4.9b	0.21a
	20	67.5	5.5b	0.10a	2.9	0.30	3.6	0.29
9月下旬 断根	5	61.2	8.0b	0.39a	4.3cd	0.45a	4.5	0.40
	10	61.5	8.2b	0.16a	5.4	0.22	5.1	0.17
	20	61.9	8.0b	0.30a	3.5d	0.33a	3.3	0.27a
無 処 理	10	—	22.6a	0.21a	11.2a	0.14a	10.0a	0.19a

注1) 表中の符号は第14表に同じ。



第5図 施肥量の違いによる断根樹リング‘ふじ’の新梢長及び蒸散流速の推移

IV. 考 察

1. 断根（倒伏）が樹体生理に及ぼす影響

外崎ら (1996b), Daivid and Ferree (1992), Miller (1995), Schupp and Ferree (1998) は、基本的には断根による開花率への影響は認められないとし、処理翌年に増加した花芽率は、外崎ら (1996c) も前年の着果量の影響が大きいと推察している。また、Ferree (1992) は、断根処理により隔年結果性が縮小されたことを報告している。本試験の結果も60%程度の断根では花芽分化率へマイナスの影響は無いものと推察された。

断根は葉色に影響は認められないが、葉面積を減少させたとする報告は多く (外崎ら, 1996a; 久米ら, 1996; Schupp and Ferree, 1987, 1988, 1989; Geisler and Ferree, 1984), 本試験でも60%以上の厳しい断根で明らかに葉面積が減少することが認められた。

本試験では、断根は幹周肥大率にも明確な影響は認め

られなかったが、外崎ら (1996a, 1996b, 1996c) も同様の結果を報告している。しかし、Miller (1995), Schupp and Ferree (1987, 1988, 1989), Baugher and Elliott (1995) は、断根により幹断面積が減少したと異なる報告をしている。また、Miller (1995) は、品種やかん水処理により幹断面積の増加率に差があることを報告しており、こうした反応の違いには、供試品種や土壌条件、生育期間の降水量などが影響している可能性が推察される。

Ferree (1992) は、記録的な降雨量の多い年の断根試験の結果から、断根による生育抑制への影響は、潤沢な土壌水分によって打ち消すことができるということを示唆しており、今後、断根樹の樹勢回復技術として積極的なかん水やビニールマルチ処理などの検討も必要であろう。

Schupp and Ferree (1987) は断根により葉中無機成分含量は影響を受けなかったとしたが、Baugher and

Elliott (1995) は断根が葉中リン酸含量を低下させたとして報告している。本試験でも処理によっては窒素、リン酸、カリ含量が対照に比較し低下する傾向がみられたが、いずれも栽培上問題となるような欠乏レベルの低下ではなかった。

また、断根程度が高まるにつれ明らかに新梢伸長が抑制されることが報告されている(外崎ら, 1996a, 1996b; 久米ら, 1996; Schupp and Ferree, 1987, 1988, 1989; Baugher and Elliott (1995); Gisler and Ferree, 1984; Ferree, 1992; Miller, 1995)。こうした新梢抑制メカニズムの解釈としてGeisler and Ferree (1984) は、新梢と根は樹種によって特有の比を維持しており、断根によって失った根を回復させ、調節するための植物体が持つ機能平衡の結果であるとするKramer and Kozlowski (1979), Bruwer and Dewit (1969) らの報告を引用している。このことから新梢長は、樹勢回復を客観的に判断する際の指標の一つとして利用できるものと考えられる。また、上田ら(1994) は、断根処理と蒸散流速の関係方を方位別に検討し、断根処理が樹体内の蒸散流速に及ぼす特性を明らかにしているが、本試験でも同様の傾向がみられた。

断根が果実品質に及ぼす影響としては、硬度や糖度、着色の向上が報告されており(外崎ら, 1996b, 1996c; Ferree, 1992; Baugher and Elliott, 1995; Schupp and Ferree, 1987, 1988, 1989)、本試験でも同様の傾向が認められた。この原因として多くの研究者は、断根による新梢と新梢葉の伸長抑制が樹冠内の光環境を改善したことを示唆している。しかし、一般的に果実糖度と着色は、樹勢が強く根域の広いマルバカイドウ樹よりも、根量の少ないM.9, M.26樹で高まる(土屋ら, 1979)ことから、断根による一時的な根量の減少が同化養分の地上部への分配を高めた影響とも推察される。このことについて小池ら(1990)、福田ら(1998) は、わい性台リング樹を用いた着果量と乾物生産及び分配に関する試験で、葉果比の増加が果実糖度を向上させることを明らかにしている。また、小池ら(1990) は各器官への純生産量の分配割合を測定した結果、根部には6~12%で分配があったことを報告している。このように果実品質には、樹冠内光環境の改善に加え、同化養分の分配や着果量の減少による葉果比の増加が影響しているものと推察される。

また、本試験では6割以上の断根樹では明らかな収量の低下が観察され、外崎ら(1996b, 1996c) 久米ら(1996) も同様の報告をしている。しかし、Schupp and Ferree (1987, 1988, 1989), Baugher and Elliott (1995) の報告には、処理による影響は受けないとする試験結果もあり、品種や栽培条件により異なっている。しかし、これらの報告では、総収量への影響はないとしながらも果実の大きさが低下することを認めている。

2. 倒伏の時期とその影響

Schupp and Ferree (1987) は、休眠期、満開期、ジュンドロップ期(6月下旬)、収穫前期(8月下旬)のそれぞれの時期に断根処理を行い根の再生を検討している。その結果、根の再生が最も多かったのは休眠期と満開期であり、次ぎにジュンドロップ期で、収穫前期は最も少なかったと報告している。このように根の再生程度は、断根後の生育期間と関係が深く、本試験の断根翌年の樹体生理への影響が9月下旬処理区よりも8月下旬処理区で小さかったことは、断根処理当年の断根後の根の再生期間が長い8月下旬処理区が9月下旬処理区よりも新根の発生が若干多かったことを推測させる。

3. 断根樹の樹勢回復に及ぼす栽培管理の影響

Schupp and Ferree (1989) は、果実の存在が根再生の抑制原因となっていることを示唆しているが、本試験では0%着果区でやや樹勢回復が早まる傾向がみられただけで着果処理の効果は認められなかった。こうした傾向は岡本ら(1996) も認めており、総合的に判断すると6割程度の断根樹でも通常もしくはやや少なめの着果、あるいは標準着果量(岡本ら, 1996)で樹勢回復をはかる方が現実的対応策と考えられた。

本試験ではまた、施肥量を増加しても樹勢の回復に直接的には結びつかなかった。蝦名ら(1996a, 1996b)、佐藤ら(1996) は、堆肥や有機質肥料及び尿素の葉面散布の効果を検討したが、樹勢に及ぼす影響はなかったとしている。こうした結果から、根量が減少したところに施肥をしても養分を吸収できる細根が少ないことや、施肥には直接発根を促す効果が無いことが考えられる。

4. 断根樹の樹勢回復に要する期間

本試験結果と同様、外崎ら(1996b)、久米ら(1996) は、60%以上の断根では、一時的に新梢伸長の抑制や葉面積の減少がみられるが、80~90%近くまで断根された樹でもその後の栽培管理を適正に行うことにより、樹勢を回復することができたと報告している。

これら断根樹の樹勢回復に要する期間は、新梢長と蒸散流速から総合的に判断すると、断根後の栽培管理に関わらず20%程度の断根では1~2か年、40%程度で2~3か年、60%程度で3~4か年ほど要し、外崎ら(1996c) も同様の期間を要するとしている。

但し、1992年から開始されたこれら試験は、1993年は大冷害、1994年は猛暑と干ばつと、異常気象下で実施されており、そのことが試験結果に大きく影響した可能性があることが指摘されている(外崎ら, 1996b, 1996c)。著者らもこれらの影響は少なくないと考えているが、通常の気象条件下で回復期間が大幅に短縮されるとは考え難く、断根程度に応じたこれらの結果は支持できる。

V. 摘 要

台風9119号の強風により倒伏したリンゴ樹のその後の生理的变化と生育状況を追跡調査するとともに、8月下旬と9月下旬に人為的に根量の60%に及ぶ過酷な断根処理を行い、これらに対する結実、肥培管理の違いが樹勢回復に及ぼす影響を調査した。

1. 断根40%以下の樹では、新梢伸長や蒸散流速度は低下するものの、実質的な収量への影響は認められなかった。
2. 倒伏被害樹が健全樹と変わらぬ樹勢まで回復するには、断根20%樹で1～2か年、断根40%樹で2～3か年、断根60%樹で3～4年ほど要した。
3. 倒伏被害樹の樹勢回復は、有効土層の浅い園地よりも深い園地で早まる傾向がみられた。
4. 断根樹の新梢長と蒸散流速度は、断根程度に応じた影響が顕著に現れることから、樹勢を客観的に把握できる指標の一つと考えられた。
5. 8月下旬断根処理と9月下旬断根処理の樹勢回復速度を新梢長と蒸散流速度で比較すると、処理時期による明確な差は認められなかった。
6. 着果制限が樹勢回復に及ぼす影響は、無着果区でやや早まる傾向がみられたが、その差は100%、50%着果区に比べわずかであった。
7. 施肥が樹勢回復に及ぼす影響は、施肥量に応じた反応がみられず樹勢回復速度に差は認められなかった。

VI. 引用文献

- 1) 上田仁悦・水野昇 (1992). 落葉果樹の台風被害対策技術の確立. 2. 被害樹の樹体及び果実の生理・生態の解明. 2) 倒伏時期とその影響. (1)倒伏被害樹の生育及び果実生産力. 寒冷地果樹試験研究成績概要集 (栽培). 167-168
- 2) ———・照井真 (1994). 落葉果樹の台風被害対策技術の確立. 2) 倒伏時期とその影響. (3)断根処理が樹体の蒸散流速度に及ぼす影響. 寒冷地果樹試験研究成績概要集 (栽培). 137-138
- 3) 上田仁悦・照井真・水野昇 (1995). 台風9119号によるリンゴ倒伏樹の生理的变化と回復に要する期間. 東北農業研究. 48, 179-80
- 4) ———・————— (1996). 断根処理したリンゴ樹の樹勢回復に及ぼす結実・肥培管理の影響. 49, 139-140
- 5) Baugher, T.A., K.C.Elliot, and D.M.Glenn (1995). Effect of competition and root pruning on 'Stayman' apple tree growth and fruit cracking. Hort Science 30(2): 222-226.
- 6) 蝦名春三・鎌田長一・鎌倉二郎・白川裕・坂本清・山谷秀明・清藤盛正・関田徳雄 (1996a). 被害樹の樹体、収量の早期回復技術の確立. 3) 肥培管理. (1)リンゴにおける肥培管理. ア 断根樹の堆肥、有機質発酵肥料及び尿素の葉面散布による樹勢回復. 東北地域重要技術研究成果No25: 162-164
- 7) ———・————— (1996b). 被害樹の樹体、収量の早期回復技術の確立. 3) 肥培管理. (1)リンゴにおける肥培管理. イ 断根樹の尿素施用による樹勢回復. 東北地域重要技術研究成果No25: 165-166
- 8) Ferree, D.C. (1992). Time of root pruning influences vegetative growth, fruit size, biennial bearing, and yield of 'Jonathan' apple. J.Amer.Soc.Hort.Sci. 117(2): 198-202.
- 9) ———・D.Geisler (1984). Root pruning as a means of size control. Acta Horticulturae. 146: 269-275
- 10) 福田博之・瀧下文孝 (1998). M.9わい性台 'ふじ' リンゴ樹における果実肥大及び品質に対する着果程度の影響. 果樹試報 第30・31: 63-73
- 11) 久米靖穂・鈴木栄司・森田泉・近藤悟 (1996). 被害樹の樹体及び果実の生理・生態の解明. 2) 倒伏の時期とその影響 (4)倒伏被害樹の生育及び果実生産力. イ 倒伏・断根の影響 (県南部における状況). 東北地域重要技術研究成果No25: 90-91
- 12) Miller, S.S (1995). Root pruning and trunk Scoring have limited effect young bearing apple trees. HortScience30(5): 981-984.
- 13) 岡本道夫・斎藤貞昭・工藤亜義 (1996). 被害樹の樹体、収量の早期回復技術の確立. 2) 結実管理. (1)リンゴにおける結実管理. ア 台風被害樹の着果管理による樹勢回復. 東北地域重要技術研究成果No25: 147-150.
- 14) 佐藤善政・船山瑞樹・松井巖 (1996). 被害樹の樹体、収量の早期回復技術の確立. 3) 肥培管理. (1)リンゴにおける肥培管理. ウ 発根促進材 (剤) の検討 その1. 東北地域重要技術研究成果No25: 167-170
- 15) Schupp, J.R. and D.C.Ferree (1987). Effect of pruning at different growth stages on growth and fruiting of apple trees. HortScience22(3): 387-390.
- 16) ———・————— (1988). Effect of root pruning at four levels of severity on growth and yield of 'Melrose' / M.26 apple trees. J.Amer.Soc.Hort.Sci.113(2): 194-198.
- 17) ———・————— (1989). Root pruning for growth control in trees. Acta Horticulturae. 243: 103-109.
- 18) 外崎武範・福田典明・渡辺政弘・岡本道夫・工藤亜

義・工藤仁郎 (1996a). 被害樹の樹体及び果実の生理・生体の解明. 2) 倒伏の時期とその影響(1)人為的倒伏処理とその後の生育及び収量. 東北地域重要技術研究成果No25 : 73-76.

19) _____

(1996b). 被害樹の樹体及び果実生理・生体の解明. 2) 倒伏の時期とその影響(2)根の切断率とその後の生育及び収量. 東北地域重要技術研究成果No25 : 77-79.

20) _____

(1996c). 被害樹の樹体及び果実生理・生態の解明. 2) 倒伏の時期とその影響(3)台風被害樹のその後の生育及び収量. 東北地域重要技術研究成果No25 : 80-85.

21) 小池洋男・吉沢しおり・塚原一幸 (1990). リンゴわい性台樹の適正着果量と乾物生産の分配. 園学雑. 58 : 827-834.

22) 土屋七郎・吉田義雄・羽生田忠敬・真田哲朗・定盛昌助 (1976). リンゴの台木に関する研究. 第3報 若木の生育, 結実ならびに果実品質におよぼすM, MM系台木の影響について. 果樹試報C3 : 1-49.

Effects on Root Pruning of Apple Tree and Its Physiological Change

Jin-etsu Ueta, Makoto Terui and Noboru Mizuno

Summary

Nine-year-old Fuji trees (M.26, *M. prunifolia*) and 13-year-old Fuji trees (M.26, *M. prunifolia*), which were blown down by the strong winds of Typhoon 9119 in Kazuno Branch, Akita Fruit Tree Experiment Station in 1991, were used in this experiment. Changes in tree physiology and growth rate were absorbed after the typhoon. This experiment also included 16-year-old fuji trees (M.9) with mechanically pruned roots. Up to 60% of the total root volume was removed at the end of August and September. The author observed how fruit bearing and controlled fertilizer application affected the vigor recovery among the trees. The results are the following:

1. Shoot elongation and transpiration rates slowed down in trees where roots were pruned for less than 40 %. However, no significant effect on yield was found.
2. Referring to the vigor recovery of trees blown down by the typhoon, the data suggest that trees which grew in deep soil have faster recovery than those in shallow soil. To regain the vigor of the typhoon-damaged trees to the level of unpruned ones, it took one to two years for such where roots were 20% pruned, two to three years for those 40% pruned, and three to four years for those 60% pruned.
3. Shoot elongation and transpiration rate were considered as indices of tree vigor since significant effects were observed in response to the ratio of root pruning.
4. There was no significant difference in vigor recovery rate between trees where roots were mechanically pruned at the end of August and those at the end of September.
5. The data suggest that tree vigor recovery rate was slightly faster in the nonfruiting blocks. However, the difference in tree vigor recovery rate was small when comparing blocks bearing 100% fruit load versus bearing 50% fruit load.
6. No correlation was found between the rate of tree vigor recovery and the amount of fertilizer application.