

リンゴ園土壌における生育期の水分張力と無機態窒素の変動

佐藤 善政・船山 瑞樹

目 次

I. 緒 言	26
II. 材料及び方法	26
1. 調査園の所在と土壌分類	26
2. 土壌管理の概要	27
3. 気象経過の観測	27
4. 水分張力、無機態窒素含量の調査方法	27
(1) 土壌水分張力の測定	27
(2) 土壌の採取と無機態窒素含量の測定	27
III. 結 果	27
1. 調査期間中の気象概況	27
2. 時期別の土壌水分張力	28
(1) 園地間差	28
(2) 年次間差	28
3. 時期別の土壌無機態窒素含量	29
4. 土壌水分張力と無機態窒素含量の関係	30
IV. 考 察	31
1. 土壌水分張力の時期変動について	31
2. 土壌無機態窒素含量の時期変動について	31
3. 土壌水分張力と無機態窒素含量の関係	31
V. 摘 要	32
VI. 参考文献	32

I. 緒 言

リンゴの無袋栽培において樹体の窒素栄養を適正に維持することは高品質果実を安定生産する上で重要な要因である。リンゴ樹の窒素栄養には土壌窒素の供給様式が深く関わっていると考えられているが(5)、現在のところその評価基準が確立していないため、窒素肥料の施用方法や地力窒素の増強に際して園地土壌の特性や診断に基づいて方針を設定できるまでには至っていない。

森・山崎はリンゴの窒素栄養に関する研究において水耕培養を用いて窒素の供給試験を行い、7月、8月に過剰にすると果実品質に悪影響が認められるため、夏季には窒素が多量に吸収されることを避けるべきであると指摘している(10)。しかし、実際の栽培は場において土壌窒素の供給は、微生物作用による無機化に依存しており(1)、その様式は土壌の種類や環境、気象要因によって変動するものの、一般的には地温の上昇する夏季に無機

化量が多くなる(3)(4)。また、無機化された窒素の土壌中での挙動や樹体の吸収には土壌水分の状態が影響するため(2)(6)、樹体への窒素供給には無機化特性とともに水分特性が大きく関与すると考えられる。

秋田県南部の横手、平鹿地域のリンゴ園は丘陵地から低地にかけて分布するところが多く、土壌も数種に分類され、褐色森林土、黒ボク土、灰色低地土、グライ土などが代表的である。これらの土壌は窒素量や水分特性にそれぞれ特徴があるものの(6)(8)(9)(11)、これまで時期別に無機態窒素や水分状態を調査し、土壌の種類による差異や気象条件に伴う変動を解析した報告はない。また、無機態窒素量と土壌水分との相互関係や、これら2つの要因が樹体栄養や果実品質に及ぼす影響を同時に検討した知見も少ない。生育期における無機態窒素の動態や水分状態の変動を明らかにしておくことは、土壌特性や気象変動に応じた施肥、土壌管理法を検討する上で基礎的な知見として重要である。

この目的で著者らは1993年から1995年の3か年、横手、平鹿地域の主要なリンゴ園土壌の園地6か所を選定し、標準的施肥体系下での生育期における水分張力及び無機態窒素含量の変動を調査し、園地間(土壌類型間)及び年次間(気象経過条件)での差異を解析した。

本調査を実施するに当たり調査園として御協力をいただいた横手市 高橋正一氏、平鹿町 田中一郎氏、増田町 千田宏二氏、佐藤八郎氏、佐藤文雄氏の各園主の皆様に謹んでお礼申し上げます。

また、調査、分析にご協力いただいた秋田県果樹試験場職員の皆様に感謝の意を表します。

II. 材料及び方法

1. 調査園の所在と土壌分類

調査園に選定した園地の所在地、土壌類型(地形)は次のとおりであった。

A園:横手市楢沢、礫質褐色森林土(小起伏山地)、B園:平鹿町北野、表層腐植質黒ボク土(扇状地)、C園:増田町半助村、灰色低地土・下層黒ボク(扇状地の水田隣接園)、D園:平鹿町醍醐、表層腐植質多湿黒ボク土(砂礫段丘)、E園及びF園:増田町下夕町、細粒グライ土(扇状地の水田隣接園)。

第1表 調査園の土壌類型と調査期間中の草生管理、施肥の概要

草生管理法	施肥時期及び施肥量	肥 料 の 種 類 (成分割合等)
A園 樹冠下清耕 [※]	4月 12kgN/10a	尿素複合肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:20-8-14)
B園 樹冠下清耕 [※]	4月 8	尿素複合肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:20-8-14)
C園 樹冠下清耕 [※]	4月 8	尿素有機入り複合肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:10-5-8 有機質50%)
D園 全園草生	4月 6 [※]	尿素 (N:46) 及び 磷酸加里化成肥料 (P ₂ O ₅ -K ₂ O:20-20)
E園 全園草生	4月 6	尿素複合肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:20-8-14)
	9月 2	
F園 樹冠下清耕 [※]	4月 6	有機肥料 (N-P ₂ O ₅ -K ₂ O:5-10-0 有機質100%)

※: 樹冠下の草生管理には除草剤を併用

※: 1995年は春肥 8 kg N/10 a 施用

2. 土壌管理の概要

施肥及び草生管理は3か年とも各調査園の園主が慣行的に実施した(第1表)。肥料の施用時期と10a当たり窒素施用量は、A園4月12kg、B園4月8kg、C園4月8kg、D園4月6kg、E園4月6kg、9月2kg、F園4月6kgであった。ただし、A園では1994年の施肥は5月下旬に実施された。また、D園では1995年は8kgが施用された。

草生の管理は各園地とも草刈機による刈り取りが主体であったが、A園、B園、C園、F園では樹冠下の管理は除草剤が併用された。

1994年は7月、8月の干ばつ傾向が著しかったため、C園では8月中下旬に水田用水の引き込みによるかん水が、F園では7月下旬から8月下旬まで散水チューブによるかん水が実施された。

3. 気象経過の観測

水分張力や無機態窒素の変動を気象条件との関係において考察するため調査期間の気象概況を調査した。調査園はすべて試験場(D園)を中心として半径4kmの円内に位置していたため(第1図)、試験場内の観測値を使用し調査期間中の5月から9月について解析した。

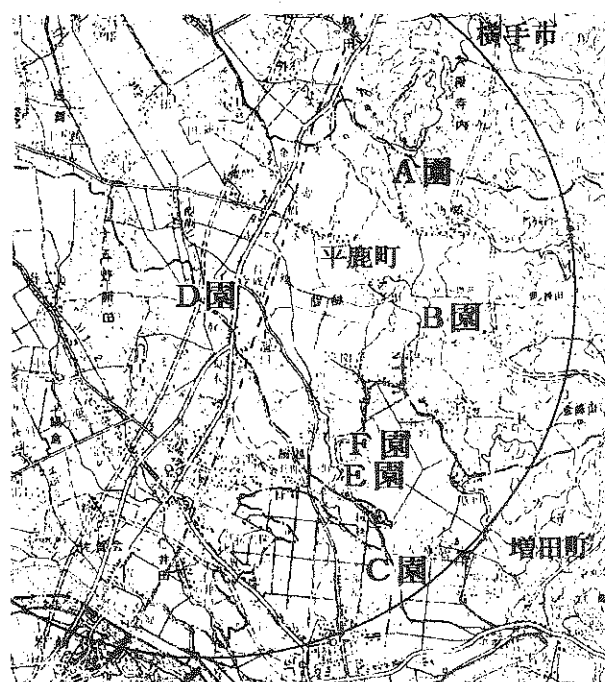
4. 水分張力、無機態窒素含量の調査方法

(1) 土壌水分張力の測定

土壌表面から30cmの深さにテンシオメータ(大起理化学工業株式会社DIK-3130)を埋設し、5月上旬から10月上旬までの間、各月とも1日前後及び15日前後に携帯用マンオメータでテンシオメータ中の圧力を測定した。得られた圧力からpF値を計算し水分張力を求めた。

(2) 土壌の採取と無機態窒素含量の測定

土壌の採取は5月上旬から10月上旬までの間、各月1日前後に行った。リンゴ樹の樹冠外周からやや内部の地点1か所に、スコップで幅約50cm深さ40cmの垂直断面を掘り、検土器で0-20cmと20-40cmに分けて土壌を採取した。その場で直ちに4mmのふるいを通し、ポリエチレン袋に密封し分析に供試するまで5℃の冷蔵庫中に保存した。



第1図 調査園の位置

無機態窒素含量(NH₃-N+NO₃-N)の測定はブレムナー法(7)により行った。未風乾土20gをサンプルびんに秤り取り、2N KCl 80mlを加えて30分間振とうし、抽出液を乾燥ろ紙でろ過した。ろ液20mlを蒸留フラスコに採取してデバルタ合金と酸化マグネシウムを同時に加え、直ちに蒸留装置に接続した。蒸留液約50mlを4%ホウ酸液の入った三角フラスコに採取し1/200N硫酸で滴定した。

Ⅲ. 結 果

1. 調査期間中の気象概況

1993年の生育期は全般に低温傾向が強かった。特に7月、8月はその傾向が著しく、平均気温はそれぞれ21.5℃(平年比-1.6℃)、22.2℃(平年比-3.3℃)を記録し、この期間の日照時間は437時間(平年比87%)、降水量は326mm(平年比108%)で低温、寡照の冷夏となった。9

月中旬以降は気温がやや低く経過したものの平年に比べて較差は小さく、日照時間も平年並みに推移した。

1994年は夏季の高温少雨による干ばつ傾向の強い年となった。7月、8月の平均気温は25.4℃（平年比+2.3℃）、27.5℃（平年比+2.4℃）と高温で経過した。この期間の降水量は123mm（平年比41%）と平年の半分以下で、特に、7月2半句以降8月5半句までの降水量はわずかに25.5mm（平年比11%）で、この期間ほぼ60日近く無降雨の状態が続き干ばつの傾向が著しかった。9月の平均気温は平年に比べ高めに推移したものの、降水量は287mm（平年比206%）で干ばつの傾向は解消された。

1995年は6月から8月まで降水量が多く日照不足の傾向が著しかった。特に、7月、8月の降水量は207mm（平年比149%）、326mm（平年比248%）と多く、日照時間は175時間（平年比74%）、193時間（平年比73%）と少なかった（第2図）。

2. 時期別の土壌水分張力

各測定値を当該月の上旬、中旬と翌月の上旬の3測定値毎に平均し、5月から9月までの各月のpF値とした（第2表）。pF値について年次、園地、時期の要因に関して分散分析を行った結果、3要因すべてに1%以下の有意性が認められた。

(1) 園地間差

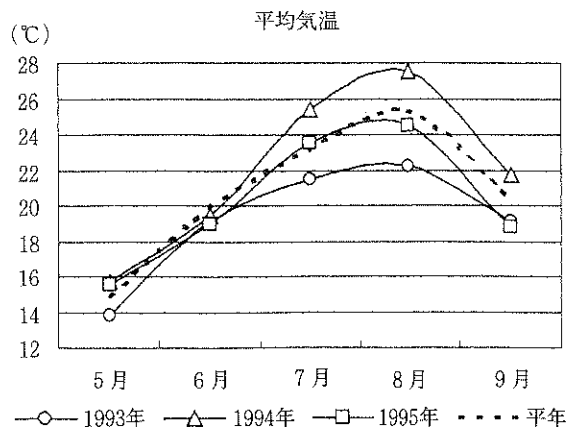
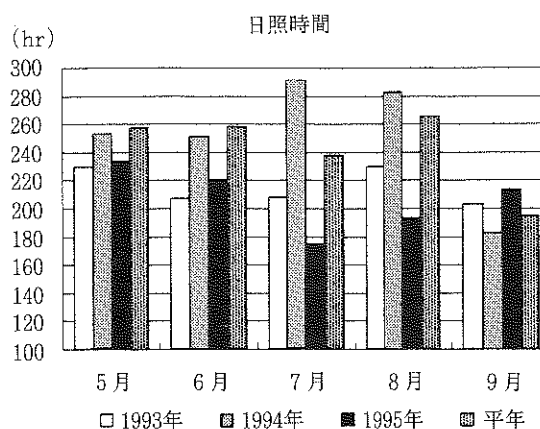
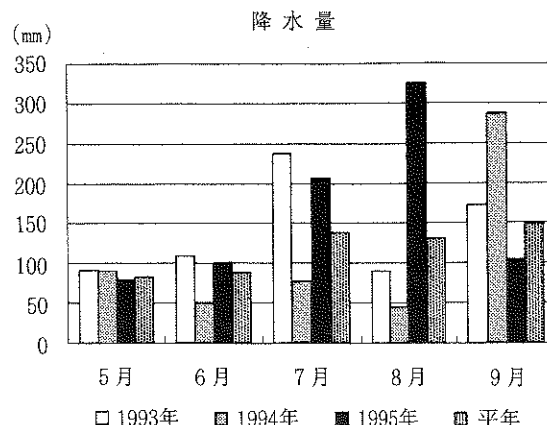
pF値の園地間差について、3か年の平均値で時期別に多重比較を行った結果からは有意差は認められなかったが、全時期の平均値には有意差が認められた。全期間3か年の平均値はA園2.03、B園1.45、C園1.80、D園2.09、E園1.88、F園1.83で、B園はA園、D園に比較し低く推移する傾向がみられた（第3表）。

また、A園では変動幅が他園に比べて大きく、D園では1.5を下回ることがなく他園に比べて変動幅が小さい傾向があった（第3図）。

(2) 年次間差

各年での5月から9月までの間の推移は、総じて各園地とも類似したパターンを示した。

各年次の特徴としては、1993年は変動が小さく6園地全体でpF1.2から2.2の間で小幅に推移した。1994年はpF1.5から3.0の間で高めに推移し、1995年はpF0.6から2.4の間で低めに推移し、両年とも時期による変動が大き



第2図 調査期間の気象経過

第2表 時期別の土壌水分張力

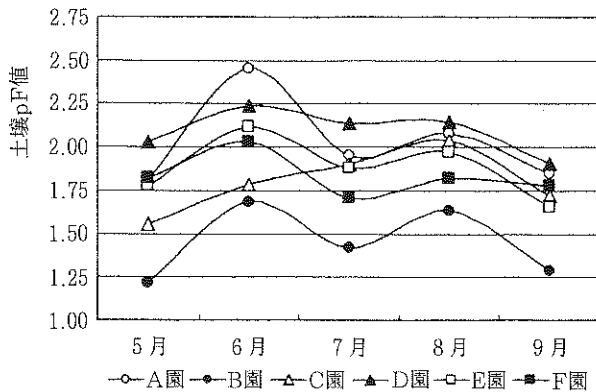
(30cm深 pF値)

	1993年					1994年					1995年				
	5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月
A 園	2.03	1.15	1.75	2.01	1.93	1.56	2.85	2.77	2.96	1.87	1.85	2.35	1.33	1.27	1.76
B 園	1.21	1.58	1.50	1.38	1.47	1.47	2.27	2.21	2.94	1.77	0.98	1.21	0.55	0.57	0.62
C 園	1.72	1.91	1.74	1.96	2.04	1.78	2.53	2.73	2.63	1.62	1.16	0.93	1.23	1.53	1.51
D 園	2.03	1.98	1.98	1.94	1.91	2.07	2.74	2.71	2.92	2.04	2.00	1.99	1.72	1.58	1.78
E 園	1.51	1.67	1.41	1.54	1.66	2.06	2.76	2.68	2.94	1.71	1.76	1.92	1.54	1.43	1.58
F 園	1.41	2.09	1.66	1.76	1.79	2.47	2.53	2.48	2.55	1.58	1.57	1.48	0.98	1.15	1.97

第3表 土壌pF値の時期変動における園地間差

	5月	6月	7月	8月	9月	全期間
A園	1.81	2.45	1.95	2.08	1.85	2.03a
B園	1.22	1.69	1.42	1.63	1.29	1.45b
C園	1.55	1.79	1.90	2.04	1.72	1.80ab
D園	2.03	2.24	2.14	2.14	1.91	2.09a
E園	1.78	2.12	1.88	1.97	1.65	1.88ab
F園	1.82	2.03	1.71	1.82	1.78	1.83ab

符号はTUKEYの多重比較 (5%レベル) による



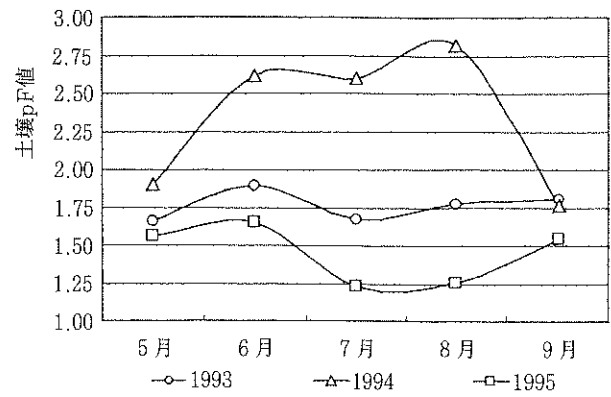
第3図 園地間での土壌pF値の時期変動の比較

かった。

pF値の年次間差は、特に、6月、7月、8月の時期に顕著であった。この時期の6園地の平均値で比較すると、1995年の7月から8月は最も低く1.2程度で推移し、1994年の6月から8月は最も高く2.6から2.8の間で推移し、その差は1.4以上であった(第4図)。6園地全時期の平均値は1993年1.76、1994年2.34、1995年1.44で3か年の間に明らかな差があった(第4表)。

3. 時期別の土壌無機態窒素含量

5月から10月までの各測定値を当該月と翌月の2か月分毎に平均し、5月から9月までの各月の無機態窒素含量とした(第5表)。無機態窒素含量について年次、園地、時期及び採土深の要因に関して分散分析を行った結



第4図 年次間での土壌pF値の時期変動の比較

第4表 土壌pF値の時期変動における年次間差

	5月	6月	7月	8月	9月	全期間
1993年	1.65	1.90b	1.67b	1.77b	1.80	1.76b
1994年	1.90	2.61a	2.60a	2.82a	1.76	2.34a
1995年	1.55	1.65b	1.23c	1.25c	1.54	1.44c

符号はTUKEYの多重比較 (5%レベル) による

果、年次と採土深の要因について1%以下の有意性が認められたが、園地や時期の要因に関しては有意性は認められなかった(第6表)。

各年次の5月から9月までの間の推移を6園地の平均値で比較すると、1993年と1995年は全時期を通じて表層では1.5mgN/100gから2.4mgN/100gの間で、次層では0.7mgN/100gから1.5mgN/100gの間で推移し、いずれも変動が小さかった。1994年は他の2か年に比べて表層、次層とも6月以降の含量が高いレベルで推移し(第7表)、表層では6月から9月にかけて3.0mgN/100gから4.3mgN/100gまで有意に増加し、次層でも7月から9月にかけて1.8mgN/100gから2.3mgN/100gで、表層と同様に有意な増加が認められた(第5図、第6図)。

6園地全時期の平均値は表層が1993年1.7mgN/100g、1994年3.6mgN/100g、1995年1.9mgN/100g、同様に次層が0.9mgN/100g、1.8mgN/100g、1.3mgN/100g

第5表 時期別の土壌無機態窒素含量

(mgN/100g乾土)

		1993年					1994年					1995年				
		5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月	5月	6月	7月	8月	9月
表層	A園	2.9	1.9	2.7	2.8	1.8	3.5	4.7	2.3	2.4	3.6	2.3	1.8	1.7	0.9	1.0
	B園	1.4	1.8	2.0	2.1	1.5	4.0	1.9	2.1	5.7	6.3	5.5	2.2	2.0	1.9	1.7
	C園	1.3	1.0	1.9	1.8	1.0	2.6	2.3	2.8	2.6	1.9	1.2	0.9	1.5	1.6	1.2
	D園	2.4	1.4	1.4	2.4	2.1	1.3	2.3	3.2	5.2	6.2	1.8	3.2	3.2	1.6	1.3
	E園	1.4	1.8	1.6	1.7	1.6	4.7	2.7	5.9	6.9	3.1	1.3	1.1	1.6	1.9	2.0
	F園	1.1	1.0	0.9	1.5	1.3	3.2	4.3	4.2	3.0	4.7	1.9	1.6	1.8	2.0	2.7
次層	A園	0.8	1.2	1.3	0.9	0.7	0.8	1.0	1.7	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	0.9	0.8
	B園	0.9	1.3	1.3	1.2	1.0	1.0	1.1	1.5	4.1	4.0	2.3	1.3	0.9	0.6	1.0
	C園	0.6	0.9	0.9	0.7	0.7	1.6	1.5	1.9	1.8	1.3	1.1	0.4	0.7	1.3	1.2
	D園	0.5	0.7	0.9	1.2	1.9	3.3	2.7	2.1	1.9	3.5	1.4	1.5	1.4	1.2	2.7
	E園	1.1	1.3	0.8	0.7	0.8	1.3	1.4	2.0	2.3	1.9	0.8	0.8	1.5	1.2	0.7
	F園	0.7	0.8	0.8	0.6	0.5	0.7	0.8	1.5	2.2	1.8	2.2	3.0	1.7	0.7	1.0

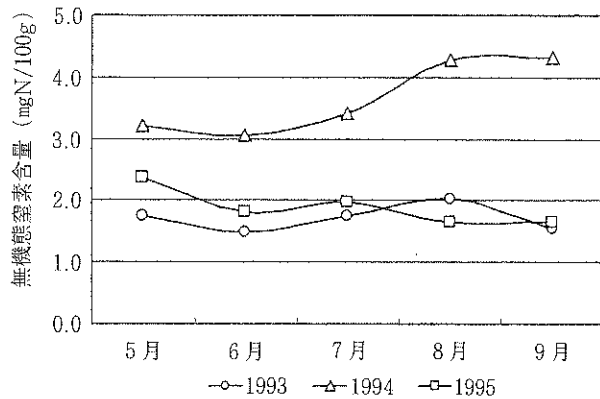
第6表 無機態窒素含量の時期変動における園地間差 (mgN/100g乾土)

	表 層						次 層					
	5月	6月	7月	8月	9月	全期間	5月	6月	7月	8月	9月	全期間
A園	2.9	2.8	2.2	2.0	2.1	2.4	0.9	1.1	1.3	1.1	1.0	1.1
B園	3.7	2.0	2.0	3.2	3.2	2.8	1.4	1.2	1.2	2.0	2.0	1.6
C園	1.7	1.4	2.1	2.0	1.4	1.7	1.1	0.9	1.2	1.3	1.1	1.1
D園	1.8	2.3	2.6	3.0	3.2	2.6	1.7	1.6	1.5	1.4	2.7	1.8
E園	2.5	1.9	3.0	3.5	2.2	2.6	1.0	1.1	1.4	1.4	1.1	1.2
F園	2.1	2.3	2.3	2.2	2.9	2.3	1.2	1.6	1.3	1.2	1.1	1.3

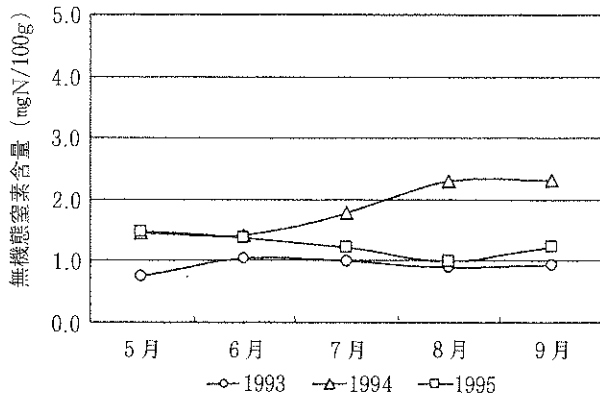
第7表 無機態窒素含量の時期変動における年次間差 (mgN/100g乾土)

	表 層						次 層					
	5月	6月	7月	8月	9月	全期間	5月	6月	7月	8月	9月	全期間
1993年	1.7	1.5b	1.7b	2.0b	1.6b	1.7b	0.7	1.0	1.0b	0.9b	0.9a	0.9b
1994年	3.2	3.0a	3.4a	4.3a	4.3a	3.6a	1.4	1.4	1.8a	2.3a	2.3a	1.8a
1995年	2.4	1.8ab	2.0ab	1.7b	1.6b	1.9b	1.5	1.4	1.2b	1.0b	1.2ab	1.3b

符号はTUKEYの多重比較 (5%レベル) による



第5図 年次間での無機態窒素含量の時期変動の比較(表層)



第6図 年次間での無機態窒素含量の時期変動の比較(次層)

で1994年の表層の無機態窒素含量は他の2か年に比較し全体に高かった。

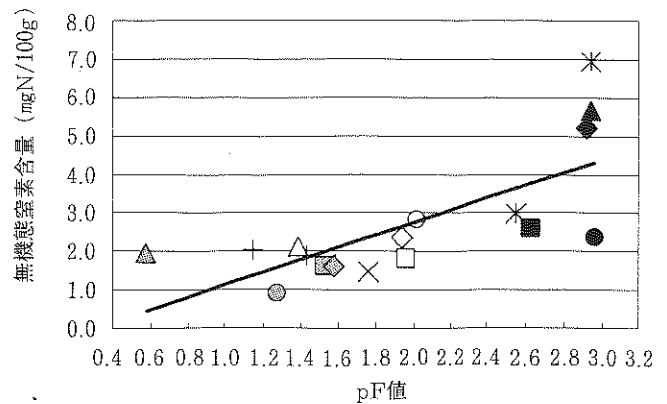
4. 土壌水分張力と無機態窒素含量の関係

pF値と無機態窒素含量の関係を検討した結果、7月、8月の無機態窒素含量は6月以降8月までのpF値と正の相関があった。相関分析を行った結果、表層では7月

の窒素含量は5月、6月、7月のpF値との間で、8月の窒素含量は6月、7月、8月のpF値との間でそれぞれ有意な正の相関が認められた。次層については7月の含量は6月、7月のpF値との間で、8月の含量は7月、8月のpF値との間でそれぞれ有意な相関が認められた(第8表)。

8月のpF値と8月の窒素含量との間の相関係数は、表層が $r=0.725^{**}$ 、次層が $r=0.728^{**}$ で最も高く、表層、次層とも $pF2.5$ 以上で窒素含量が高い傾向があった(第7図)。9月の窒素含量は、8月のpF値との間に有意な正の相関があり、相関係数は表層が $r=0.701^{**}$ 、次層が $r=0.585^{*}$ であった(第8図)。しかし、9月の窒素含量と9月のpF値との間には有意な相関が認められなかった。

8月のpF値と8月の窒素含量の関係において、 $pF2.5$ 以上での窒素含量の増加程度はB園、D園、E園では顕著であったが、A園、C園、F園ではそれほど顕著な増



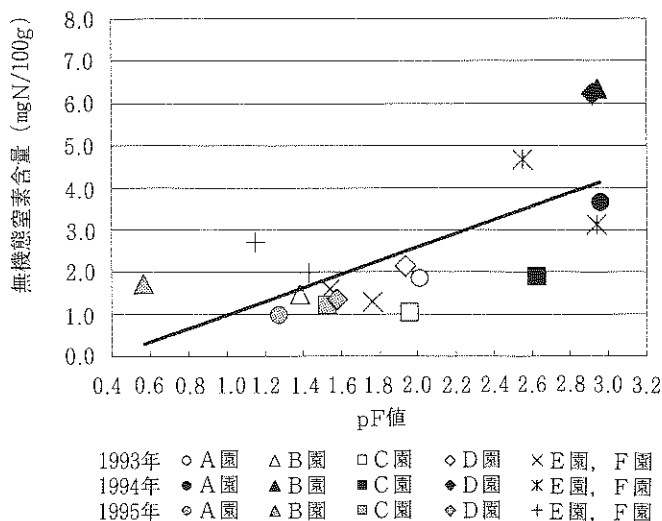
1993年 ○ A園 △ B園 □ C園 ◇ D園 × E園, F園
1994年 ● A園 ▲ B園 ■ C園 ◆ D園 × E園, F園
1995年 ○ A園 △ B園 □ C園 ◇ D園 + E園, F園

第7図 土壌pF値と無機態窒素含量の関係 (8月pF値と8月表層窒素含量)

第8表 土壌pF値と無機態窒素含量 (mgN/100g) との間の相関係数 (r) (n=18)

		無機態窒素含量 (表層)					無機態窒素含量 (次層)				
		5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
土壤pF値	5 月	−0.012	0.412	0.591**	0.317	0.319	−0.068	0.093	0.463	0.215	0.295
	6 月		0.588*	0.562*	0.529*	0.532*		0.102	0.665**	0.464	0.387
	7 月			0.585*	0.617**	0.592**			0.667**	0.609**	0.503*
	8 月				0.725**	0.701**				0.728**	0.585*
	9 月					0.216					0.217

*は5%, **は1%で有意性あり

第8図 土壌pF値と無機態窒素含量の関係
(8月pF値と9月表層窒素含量)

加はみられなかった。なお、細粒グライ土のE園、F園においては、窒素含量が顕著に増加する時期が異なり、E園では8月、F園では9月の増加程度が高かった。

IV. 考 察

1. 土壌水分張力の時期変動について

気象経過が著しく異なった3か年を通して表層腐植質黒ボク土のB園では他の園地に比べてpF値は低く推移する傾向があった。また、礫質褐色森林土のA園では変動幅が大きく、表層腐植多湿黒ボク土のD園では降水量の多い場合でも1.5を下回ることがなく変動幅も小さかった。土壌pF値から推定される水分変動には相対的なレベルや変動幅が園地間で異なる傾向がみられるなど園地の特性が反映されたものと考えられる。pF値の変動特性はは場の土性や透水、保水性といった物理的特性、地下水位の高さや周辺の地形など立地条件が影響して総合的に特徴付けられるだろうが、この点に関しては今後の検討が必要である。

全調査園の平均値を基に各年次の土壌水分の状態をpF値から推定すると、1993年は全期間を通してほぼは場容水量に相当する水分量で推移したことになり、1994年

の6月から8月は、植物の生育阻害点近くのレベルに達したと考えられる。一方、1995年の7月から8月は、土壌中に重力流去水が存在し下層への土壌水の移行があった状態と考えられる。調査3か年の6月から8月の気象を比較すると、気温、降水量に極めて極端な変動がみられ、実際の現地生産は場におけるpF値も、この時期の気象の推移をよく反映してかなり極端に変動したことが明らかであった。

2. 土壌無機態窒素含量の時期変動について

今回の調査結果からは、園地間の無機態窒素含量の変動には一様なパターンが認めがたく、一般的な傾向は想定できなかった(第5表)。園地間で無機態窒素含量の変動パターンが多様な理由には、1)施肥窒素の消失時期、2)土壌窒素の無機化様式、3)無機化窒素の土壌中での挙動などの要因が関係すると考えられ、今後の検討が必要であろう。また、今回の調査では代表的な施肥体系のもとでの変動を明らかにすることを目的としたために、窒素肥料の施肥時期、施肥量は園地によって異なっていた。このことが5月、6月頃の変動パターンが園地間で異なった理由の一つと推定されるが、無機態窒素含量の変動に関する土壌特性を明確に把握するためには施肥時期、施肥量を統一した条件での調査が必要と考えられる。

年次間における無機態窒素含量の違いには有意な差が認められた。1994年の7月から9月の無機態窒素含量は他の2か年に比較しどの園地でも高いレベルで推移していた。これは1994年は7月から8月にかけて晴天の日が続き、降雨量が極端に少なく経過したことから、地温が高く土壌が乾燥したため無機化が促進されたものと予想される。

3. 土壌水分張力と無機態窒素含量の関係

時期別の土壌pF値が無機態窒素含量に及ぼす影響を解析した結果から、pF2.5を越える状態が継続した場合にはそれ以降の無機態窒素含量が高まることが予想される。

土壌窒素の無機化量は、温度や土壌水分量により変動すること(4)やは場の水分状態により無機化された窒素の移行、溶脱が起こる(5)など無機態窒素の変動に関す

るメカニズムは複雑であるが、今回の結果からは、7月、8月、9月の無機態窒素含量にはそれ以前1～2か月前からの土壌の乾湿程度や気温（地温）が影響すると考えられる。7月、8月に土壌が乾燥気味の年や気温が高めに推移した年は、黒ボク土、グライ土では8月、9月の無機態窒素含量は平年に比べ増加することが予想されるので、このような気象経過の下では秋肥の施用は必要ないと推察される。一方、褐色森林土、灰色低地土では、このような条件でも無機態窒素含量の増加はそれほど顕著ではないので秋肥の施用が必要とされる場面もあると考えられる。

今回の調査は生育期の気象経過に極めて変動幅のある3か年について行ったため、気象条件の違いによる水分張力、無機態窒素含量の変動傾向が年次間差としてよく反映されたものと推察される。しかし、平年的なレベルからかなりかけ離れたものであると考えられるので、今後、気象経過に伴う時期変動について基準化するためには、調査を重ねて気象変動との関係を検討する必要がある。

V. 摘 要

土壌特性や気象変動に対応した窒素施肥、土壌管理法を検討するための基礎的知見を得るために、秋田県横手、平鹿地域の6か所のほ場で生育期の水分張力と無機態窒素含量の変動を調査した。調査は1993年から1995年までの3か年継続し、調査結果をもとに園地間（土壌類型間）及び年次間（気象経過条件）での差異を解析した。

1. 調査3か年の生育期の気象経過は著しく異なった。1993年は生育期全般に低温傾向が強く、特に7月、8月はその傾向が著しかった。1994年は夏期の高温少雨による干ばつ傾向の強い年であった。1995年は6月から8月まで降水量が多く日照不足の傾向が著しかった。

2. 土壌pF値については園地間で有意な差が認められた。黒ボク土では他の園地に比べ常に低く推移する傾向があることや、褐色森林土の園地では気象変動に伴う変動幅が大きく、多湿黒ボク土の園地では小さいなど園地間の土壌水分特性に差があると考えられた。

3. 土壌pF値の年次間の差は6月、7月、8月で顕著であった。1993年は全期間を通してほぼ場合含水量に近い水分量で推移し、1994年の6月から8月は植物の生長阻害点近くのレベルに達した。一方1995年の7月から8月は土壌中に重力流去水が存在した状態であったと推察された。

4. 無機態窒素含量の時期変動には園地間に有意差は認められなかった。生産ほ場における無機態窒素の挙動は多様で複雑なものと考えられた。

5. 無機態窒素含量の年次間差は有意であった。1994年は他の2か年に比べて6月以降9月まで高いレベルで推移した。1994年は6月以降少雨と高温の気象条件で推移したため土壌窒素の無機化が促進されたものと推察された。

6. 任意の時期の土壌pF値に対する無機態窒素含量の関係を解析した。8月、9月の無機態窒素含量は当該月もしくは前月の土壌pF値と有意な正の相関が認められた。

VI. 引用文献

1. 梅宮善章 1995 果樹園への施肥技術と留意点 総論 果実日本, 50: 18-20.
2. 加藤正・成田春蔵 1989 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 青森県りんご試験場報告 25: 23-39.
3. 加藤 正 1989 堆肥連用リンゴ園土壌の窒素無機化量 昭和62年度果樹課題別研究会資料 p 7-10 農林水産省果樹試験場編.
4. 駒村研三 1989 草生リンゴ園の有機物水準と窒素発現様式 昭和62年度果樹課題別研究会資料 p 11-14 農林水産省果樹試験場編.
5. 佐藤雄夫 1982 リンゴ園の土壌管理と施肥技術 p 257-289 千葉勉編著 果樹園の土壌管理と施肥技術 博友社 東京.
6. 新妻胤次・松井 巖・山崎利彦 1978 水田転換園における土壌の特性とリンゴ樹の生育 秋田県果樹試験場研究報告 10: 37-44.
7. 深山政治・井田明・草野秀・徳永美治・森哲 郎・赤塚恵 1987 無機態窒素 p 197-200 土壌養分測定法委員会編 土壌養分分析法 養賢堂 東京.
8. 松井 巖・佐々木高・村井 隆・佐々木美佐子 1984 リンゴわい性台木の土壌適応性に関する研究 第3報 県南の黒ボク土、褐色森林土、灰色低地土、多湿黒ボク土におけるM26、MM106の土壌適応性 秋田県果樹試験場研究報告 15: 17-26.
9. 松井 巖・藤井芳一・佐々木美佐子 1985 水田転換リンゴ園の土壌特性 第4報 土壌水分環境と無機態窒素発現様式の関係 東北農業研究 37: 217-218.
10. 森 英男・山崎利彦 1959 リンゴのN栄養に関する研究 第3報 水耕培養したりんご樹の生育及び果実品質に対するNの多量供給時期の影響 東北農業試験場研究報告 15: 69-80.

11. 山崎利彦 1975リンゴ園の土壌診断ならびに葉分析
診断に関する研究 p26-33 平鹿果樹農業協同組合
秋田.

Seasonal Change of Moisture Tension and Inorganic Nitrogen Contents in Apple Orchard Soil.

Yoshimasa Sato and Mizuki Funayama

Summary

For studies of nitrogen fertilizer application system and soil management that are based on soil properties and weather conditions, we investigated the seasonal variation of moisture tension and inorganic nitrogen contents of about six apple orchards in Yokote-Hiraka region, Akita Prefecture. The investigations were continued during apple growth season from 1993 to 1995, and the measurement data of the differences among six orchards (as soil properties) and three years (as weather conditions) were analyzed.

1. Weather conditions of investigated periods were extremely different. The characteristics are as follows. In 1993, the temperature was lower than the average year through growing season. The tendency was particularly strengthened in July and August. In 1994, it was very hot and dry summer. In 1995, it was characterized by having much rainfall and short daylight from June to August.

2. Significant differences among the orchards were recognized in seasonal soil pF values. pF values of Andosol soil orchard were always lower than other orchards. It seemed that the fluctuation of pF value according to seasonal weather change was different among the orchards, wherein the scale of brown Forest soil orchard was great, in contrast to Wet Andosol soil orchard, which was small.

3. The annual difference of soil pF value was distinct in June, July and August. In 1993, soil moisture tension moved in the range of field capacity through growth season. In 1994, moisture content for optimum growth reached until near depletion in midsummer. On the other hand, it was supposed that the condition where gravitational water existed in soil continued from July to August 1995.

4. Significant differences among six orchards were not recognized in the inorganic nitrogen content. It was suggested that the behavior of inorganic nitrogen in product field was various and complicated.

5. The annual difference of inorganic nitrogen content was significant. The amount in 1994 was higher than the other years (1993 and 1995), particularly the tendency was clear from June to September. We supposed that soil nitrogen mineralization was activated in 1994 by weather condition during these periods which had little rain and high temperature.

6. A relationship between monthly soil pF values and inorganic nitrogen contents was analyzed. The correlation between soil pF values in July or August and inorganic nitrogen contents in August was significant. The relationship between soil pF values of August and inorganic nitrogen contents in September was also similar.