

高粱地域ブドウ園における土壌窒素無機化特性と ‘ピオーネ’樹の生育との関係

山本 章吾・田村 尚之

Relationship between Characteristics of Soil Nitrogen Mineralization
and Growth of ‘Pione’ Grape Tree in the Takahashi Region Vineyards

Shogo Yamamoto and Naoyuki Tamura

緒言

作物が吸収する窒素を大別すると、肥料から供給される施肥窒素と土壌から発現する土壌窒素がある。作物の窒素吸収量に占める土壌窒素の割合は、作目や栽培条件により変動があるものの、5割以上を占める場合があり(西宗, 1984)、ブドウでは黒ボク土でポット栽培した‘巨峰’の66%の例(粕谷ら, 1981)がある。

一般的に、作物の窒素栄養や生育・収量は、供給される窒素の過剰あるいは不足の影響を受けることが知られているが、果樹栽培においても生育が不安定になり果実品質の低下を招くことが、繁田ら(1990)、佐藤(1986)、小豆沢(1995)、高野ら(2007)により報告されている。そのため、果樹栽培において、樹勢を維持しながら安定した収量を得るためには、土壌の窒素発現量とその発現パターンを把握するとともに、それに対応した肥料及び有機物の施用法を確立することが重要である。

土壌窒素発現量の推定については、反応速度論に基づく解析が水田(安藤ら, 1989; 藤井ら, 1989; 上野ら, 1990; 山本ら, 1986; 住田ら, 1988)及び畑(杉原ら, 1985; 藤富ら, 2005; 斎藤, 1990)で検討されている。しかし、樹園地では黒ボク土ブドウ園(梅宮ら, 1987)及びリンゴ園(佐藤ら, 2001)以外の研究例はない。

そこで、岡山県内におけるブドウ栽培の主産地の一つである高粱地域の‘ピオーネ’園について、土壌の窒素

無機化特性を解析するとともに、推定窒素無機化量と‘ピオーネ’樹の生育等との関係について検討したので報告する。

本報告の調査にご協力頂いた、備北広域農業普及指導センターの原田努副参事、丁田恵子主幹、高馬浩寿主任及び生産者の皆様に心より御礼申し上げる。

材料及び方法

1. 園地選定及び供試土壌

調査園地の選定は、2015年に農業研究所環境研究室が土壌機能実態モニタリング調査事業において調査した高粱地域の簡易被覆栽培‘ピオーネ’園18園地から、地域の栽培管理指針に則った管理を行い、排水性や土壌のpH及び養分バランス等に問題のない園地でありながら、葉色、葉の大きさ等の樹勢の異なる6園地(褐色森林土)を選定した。また、各園地で土壌及び生育調査を行う‘ピオーネ’樹は、園地内の平均的な生育を示す樹を選んだ。

窒素無機化特性を解析するための培養試験には、発芽前の2016年3月に樹幹から約2m離れた地点の土壌を深さ0~20cm, 20~40cmに分けて採取し、未風乾状態のまま4mmのふるいを通し、5℃の冷蔵庫内に保存した土壌を供試した。供試土壌の腐植や可給態窒素量等の化学性は、土壌の一部を風乾し2mmのふるいを通したものを土壌環境分析法(土壌環境分析法編集委員会編, 1997)により測定した。

各園地の土壌中無機態窒素量は、2015年及び2016年の発芽前(3月)、養分転換期前(5月)、開花期(6月)、着色期(8月)、収穫期(9月)、落葉期(11月)に、深さ0~20cmと20~40cmから採取した土壌に15%塩化カリウム水溶液を加えて振とう抽出し、得られたろ液中の無機態窒素量をフローインジェクション法(FIA Star, FOSS Japan社製)で測定した。

調査園における有機物及び肥料の施用状況は、生産者へのアンケート調査により把握した。

また、調査園のうちNo.2園の地温(深さ10cm及び30cm)を2016年4月から2017年3月まで温度記録計(おんどとりTR71-ui, T&D社)を用いて計測した。

2. 土壌の窒素無機化特性及び窒素硝化特性

(1) 温度別培養法

土壌の培養は、100ml容量のUMサンプル瓶に未風乾土壌50gを秤取し、厚さ0.03mmのポリエチレンフィルムでふたをして、10℃、20℃、30℃に設定した恒温器内に静置して行った。培養開始から0、14、28、56、84、112、168、224日後に各温度3反復で無機態窒素量を測定した。なお、培養中の土壌水分は、石橋ら(2014)が行った中粗粒黄色土の培養方法を参考にして、最大容水量の46%に調整した。

(2) 無機態窒素量の測定と窒素無機化特性値及び硝化特性値の解析

恒温器から取り出したサンプル瓶に15%塩化カリウム水溶液80mlを加えて30分間振とうして得たる液をフローインジェクション法で無機態窒素量(アンモニア態窒素及び硝酸態窒素)を測定し、培養開始時の値との差を培養期間中の窒素無機化量及び窒素硝化量とし

た。この温度別の窒素無機化量(窒素硝化量)の変化を、金野(1983)のプログラムで解析し、窒素無機化特性値(N_0 :可分解性窒素, E_a :見かけの活性化エネルギー, k :反応速度定数)及び硝化特性値を求めた。なお、解析に用いた窒素無機化反応モデルは、赤池(1976)の情報量基準値(AIC)で最もあてはまりのよい(データ省略)次式の単純型モデルを使用した。

$$N = N_0 (1 - \exp(-kt))$$

N : 無機態窒素量(硝化特性値の場合は硝酸態窒素量, mg/kg乾土)

N_0 : 可分解性窒素量(mg/kg乾土)

k : 反応速度定数(/day)

t : 培養日数(day)

ただし、

$$k = A \exp(-E_a/RT)$$

k : 反応速度定数(/day)

A : 定数

E_a : 見かけの活性化エネルギー(cal/mol)

R : 気体定数(1.987cal/mol)

T : 絶対温度(K)

3. 'ピオーネ'樹の生育及び土壌無機態窒素量

各園地の'ピオーネ'樹の開花期(6月)、着色期(8月)、収穫期(9月)に葉色、葉の主脈長及び葉中窒素量、剪定前(11月)に新梢枝径を調査した。葉色及び葉の主脈長は、着房節位葉及び房先4節位葉を各20枚計測し、葉色は葉色計(SPAD-502, ミノルタ社)で測定した。葉中窒素量は、着房節位葉及び房先4節位葉を各5枚採取し、2%酢酸水溶液による洗浄後、70℃で通風乾燥して乾物重を測定した後粉砕し、全窒素全炭素測定装

表1 調査'ピオーネ'園の土壌化学性

園地 No.	層位 ²	pH (H ₂ O)	全窒素 (%)	腐植 (%)	C/N比	可給態窒素 (mg/kg)
1	上層	7.3	0.14	2.8	12	44
	下層	5.4	0.06	1.1	10	12
	平均値	6.3	0.10	1.9	11	28
2	上層	7.5	0.15	3.2	12	60
	下層	6.8	0.05	0.9	10	6
	平均値	7.1	0.10	2.1	11	33
3	上層	6.7	0.20	4.2	12	55
	下層	6.6	0.08	1.4	10	28
	平均値	6.7	0.14	2.8	11	41
4	上層	7.7	0.20	4.2	12	51
	下層	7.4	0.07	1.5	12	20
	平均値	7.5	0.14	2.8	12	35
5	上層	7.0	0.30	7.3	14	68
	下層	6.7	0.11	2.1	11	34
	平均値	6.8	0.21	4.7	12	51
6	上層	6.9	0.51	11.0	13	79
	下層	6.7	0.23	4.3	11	32
	平均値	6.8	0.37	7.7	12	55
全体	上層	7.2	0.25	5.5	13	60
	下層	6.6	0.10	1.9	11	22
	平均値	6.9	0.18	3.7	12	41

² 上層:深さ0~20cm, 下層:深さ20cm~40cm

置 (Sumigraph NC220F, 住友分析センター社) で全窒素濃度を測定して葉1枚当たりの含有窒素量を求めた。新梢枝径はノギスを用いて平均的な着房枝の6, 7節間の枝径10本を計測した。

結果

1. ブドウ園の土壌化学性と土壌管理法

各園地の土壌化学性を表1, 有機物及び施肥管理法を表2に示した。土壌の腐植含有率は, 園地別では1.9 ~ 7.7%, (平均3.7%), 層位別では上層2.8 ~ 11.0% (平均5.5%), 下層0.9 ~ 4.3% (平均1.9%), 園地別の可給態窒素量は乾土1kg当たり27 ~ 55mg (平均40mg), 層位別では上層44 ~ 79mg (平均59mg), 下層5 ~ 34mg (平均21mg) で, いずれも園地及び層位により大きく異なっていた。

各園地で施用されるカヤ, 堆肥等の有機物量は1ha当たり8,000kg ~ 40,000kg程度で, 有機物中の窒素含有量は13kg ~ 212kgといずれも園地間差が大きかった。一方, 主に有機化成肥料で施用される施肥窒素量は1ha当

たり51 ~ 84kg(平均63kg)で園地間に大きな差はなかった。

土壌中の無機態窒素量の推移を, 樹園地土壌の改良目標値である腐植含有率3% (岡山県農林水産総合センター編, 2015) を基準として, 2つのグラフに分けて図1に示した。無機態窒素量は土壌間で差が大きい, 腐植含有率の高い土壌で無機態窒素量が多い傾向が認められた。6園地12土壌の全平均値は, 3月から6月には乾土1kg当たり11 ~ 14mgで推移し, その後8月に20mgまで急増し, 9月以降は再び11mg程度まで低下するパターンを示した。

2. ブドウ園土壌の窒素無機化特性

培養試験により求めた温度別の窒素無機化量及び窒素硝化量について, 反応速度論的解析を行い, 土壌の窒素無機化特性値及び窒素硝化特性値を表3, 温度25℃における推定窒素無機化曲線を図2, 推定窒素硝化曲線を図3に示した。

供試土壌の窒素無機化特性値である可分解性窒素量 N_0 は27 ~ 309mg/kg乾土, 25℃における無機化速度定

表2 調査‘ピオーネ’園の有機物及び施肥管理法

園地 No.	地表面管理法	有機物		肥料		窒素含有量 (kg/ha) ²		
		種類	施用量 (kg/ha)	種類	時期	施用量 (kg/ha)	有機物	肥料
1	草生	カヤ	10,000	有機化成肥料A	10月上旬	600	16	60
		市販堆肥A	800				18	
2	草生	カヤ	8,000	有機化成肥料B	10月中旬	150	13	15
				有機化成肥料A	〃	360		36
3	カヤ マルチ	カヤ	20,000	有機化成肥料B	10月中旬	400	32	40
		カヤ堆肥	3,500	高度化成肥料	3月中旬	130	15	20
4	草生	市販堆肥B	9,000	高度化成肥料	10月中旬	200	72	32
				有機化成肥料A	11月中旬	200		20
5	カヤ マルチ	カヤ	30,000	高度化成肥料	10月下旬	180	89	29
				有機化成肥料C	〃	450		45
6	カヤ マルチ	カヤ	20,000	高度化成肥料	9月下旬	150	32	24
		市販堆肥B	20,000	有機化成肥料A	12月上旬	600	180	60

² 窒素量は有機物及び肥料の窒素含有率と施用量から算出

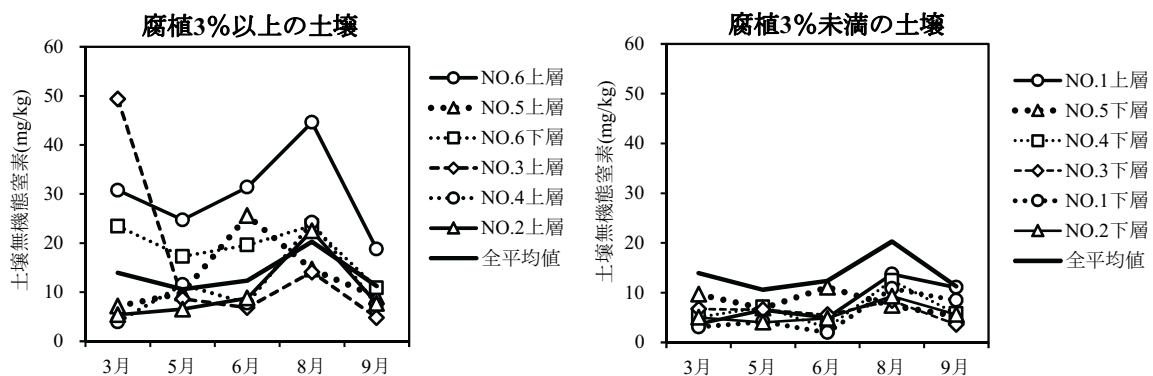


図1 腐植含有率が異なるピオーネ園の土壌無機態窒素量の推移

² 2015と2016年度の無機態窒素量の平均値を各園の層位(深さ0~20cm, 20~40cm)別に示し, 全平均値は6園12土壌の平均値を示す

表3 供試土壌の窒素無機化特性値及び窒素硝化特性値

園地 No.	層位 ^z	無機化特性値 ^y			硝化特性値 ^y		
		Ea (cal/mol)	N ₀ (mg/kg)	k (/day)	Ea (cal/mol)	N ₀ (mg/kg)	k (/day)
1	上層	15,045	119	0.0052	15,573	116	0.0053
	下層	17,946	48	0.0035	20,853	39	0.0036
2	上層	17,150	180	0.0045	16,214	172	0.0042
	下層	17,406	27	0.0033	20,358	19	0.0034
3	上層	18,617	189	0.0039	16,928	189	0.0043
	下層	13,562	36	0.0037	15,226	30	0.0045
4	上層	14,489	167	0.0048	14,606	161	0.0048
	下層	14,886	39	0.0051	13,900	31	0.0049
5	上層	19,302	267	0.0031	19,596	256	0.0042
	下層	17,495	114	0.0034	19,631	115	0.0034
6	上層	17,941	309	0.0042	18,190	302	0.0042
	下層	20,697	85	0.0035	20,941	77	0.0035

^z 上層:深さ0~20cm, 下層:20cm~40cm

^y Eaは活性化エネルギー, N₀は可分解性窒素量, kは無機化(硝化)速度定数

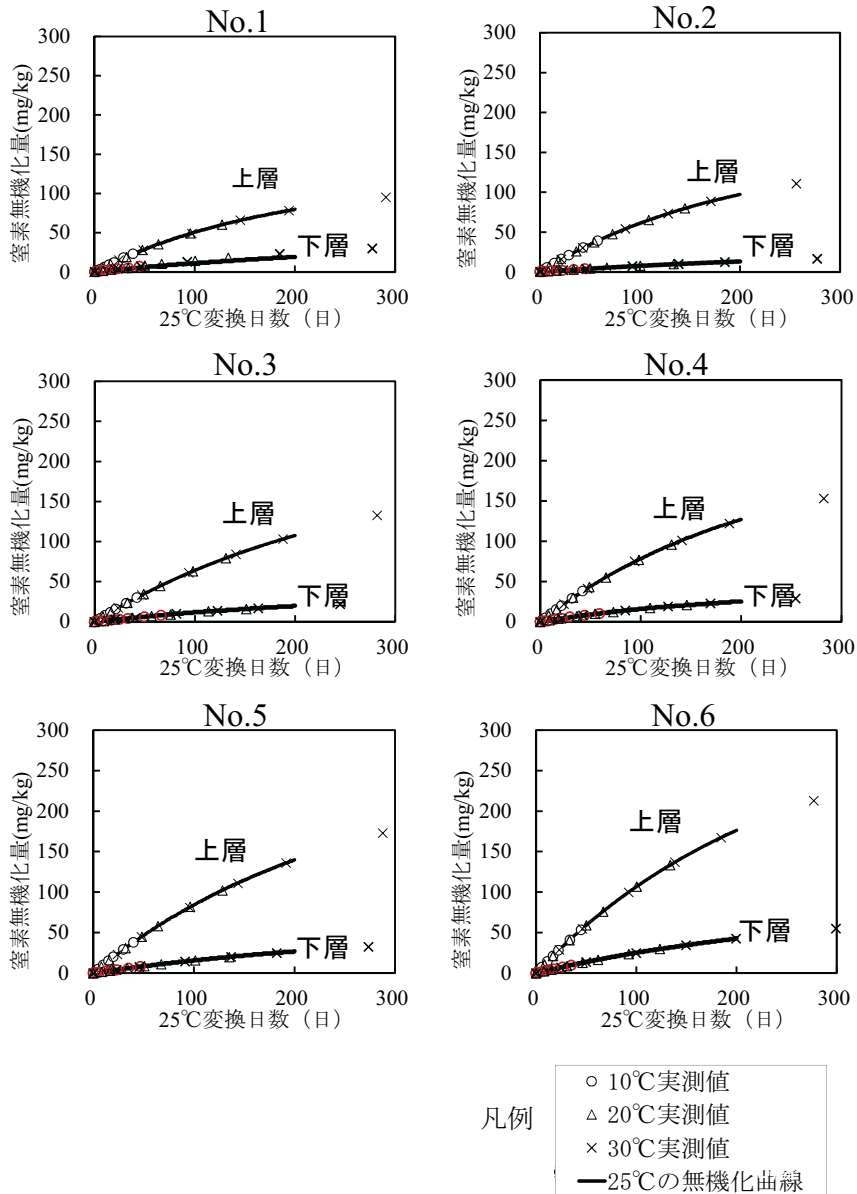


図2 ‘ピオーネ’園土壌の温度 25°Cにおける推定窒素無機化曲線と実測値

^z 上層:深さ0~20cm, 下層:深さ20~40cm

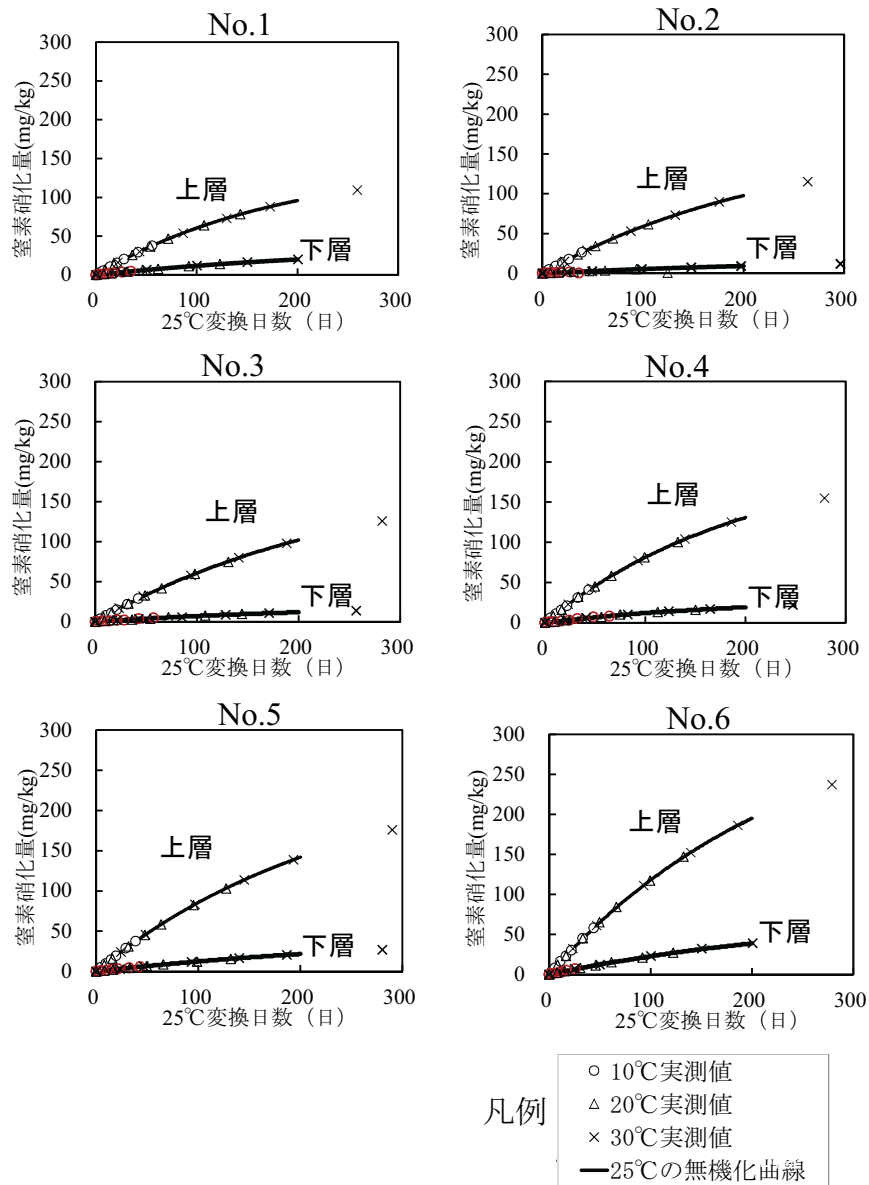


図3 ‘ピオーネ’園土壌の温度25°Cにおける推定窒素硝化曲線と実測値

² 上層：深さ0～20cm, 下層：深さ20～40cm

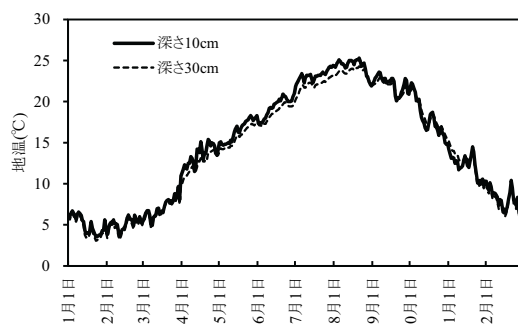


図4 高梁地域‘ピオーネ’園の日平均地温

² 調査場所は高梁市有漢町の簡易被覆‘ピオーネ’園 (No.2園)

数kは0.0031 ~ 0.0052/day, 見かけの活性化エネルギー E_a は13,562 ~ 20,697cal/molであった。

一方, 窒素硝化特性値の可分解性窒素量 N_0 は19 ~ 302mg/kg乾土, 25℃における硝化速度定数kは0.0034 ~ 0.0053/day, 見かけの活性化エネルギー E_a は13,900 ~ 20,941cal/molで, いずれも無機化特性値との差は小さかった。

No.2園で計測した地温データ(図4)と各土壌の窒素

無機化特性値から, 培養に供した12土壌の窒素無機化量を推定し図5に示した。各園地で1年間に無機化する窒素量は, 乾土1kg当たり6 ~ 133mg, 平均55mgと推測された。月別にみると, 12月から2月が最も低く, 3月頃から8月にかけて増加し, 9月から11月にかけて減少する山型パターンを示した。各月における土壌間差は12月から2月までは約2mgと小さいが, 8月には24mgに増大し, 夏季における土壌間差が顕著に大きかった。

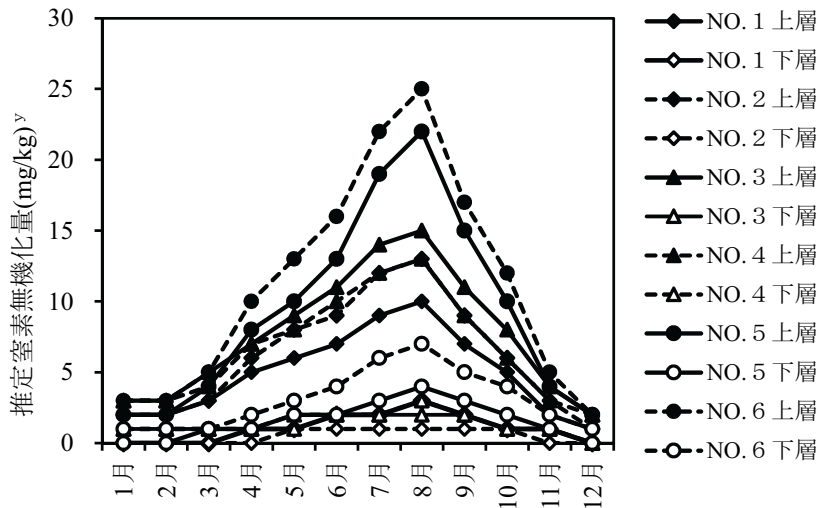


図5 高粱地域‘ピオーネ’園土壌における1年間の推定窒素無機化量²⁾

²⁾ 上層: 深さ0 ~ 20cm, 下層: 深さ20 ~ 40cm

³⁾ 各土壌の窒素無機化特性値と現地‘ピオーネ’園の地温(深さ10cm, 30cm)を用いて算出

表4 調査‘ピオーネ’園の葉色, 主脈長, 葉中窒素量及び新梢枝径

園地 No.	葉色 (SPAD) ²⁾				主脈長 (cm) ²⁾				葉中窒素量 (mg/葉) ²⁾				新梢枝径 (mm) ³⁾
	開花期	着色期	収穫期	平均	開花期	着色期	収穫期	平均	開花期	着色期	収穫期	平均	
1	39.8	46.0	41.2	42.3	12.9	14.7	14.8	14.1	47.3	37.7	31.1	38.7	8.5
2	35.0	43.6	41.8	40.1	15.3	16.5	16.8	16.2	44.1	47.5	40.2	43.9	8.3
3	40.6	46.8	46.9	44.8	16.0	17.0	17.7	16.9	62.5	47.9	49.8	53.4	10.1
4	41.9	47.4	42.5	43.9	16.4	17.0	16.5	16.6	53.8	45.0	45.4	48.0	9.0
5	43.5	46.5	45.4	45.1	17.1	17.7	18.1	17.6	68.9	58.3	57.9	61.7	9.2
6	43.6	49.9	46.8	46.7	17.1	18.5	18.3	18.0	81.8	69.2	63.3	71.4	10.3

²⁾ 葉色及び主脈長は着房節葉と4節葉を各20枚計測し, 葉中窒素量は乾燥葉重と全窒素濃度から求めた

³⁾ 枝径は剪定前の11月に平均的な着房枝の6-7節間の枝径を10本計測した

表5 調査園の土壌化学性と‘ピオーネ’樹の生育との単相関係数

調査項目	腐植 ²⁾	可給態窒素 ²⁾
葉色 ²⁾	0.808 [*]	0.834 [*]
主脈長 ²⁾	0.743 [*]	0.897 [*]
葉中窒素量 ²⁾	0.950 ^{**}	0.990 ^{**}
新梢枝径 ²⁾	0.715 ^{ns.}	0.772 [*]

²⁾ 葉色, 主脈長及び葉中窒素量は2016年の開花期, 着色期及び収穫期の平均値, 新梢枝径は収穫後の測定値, 土壌の腐植含有率, 可給態窒素量は同年3月に採取した土壌の分析値

³⁾ 表中の・は10%水準, *は5%水準, **は1%水準で有意な相関関係があることを示し, ns.は相関関係がないことを示す

3. 土壌化学性とブドウ樹生育との関係

‘ピオーネ’樹の開花期、着色期、収穫期における葉色、葉の主脈長、葉中窒素量及び枝径の調査結果を表4に示した。調査園No.1, No.2は葉色値（平均値、以下同様）40～42、主脈長14～16cm、葉中窒素量39～44mg/葉、枝径8.3～8.5mmでやや弱い樹勢であり、No.5, No.6は葉色値45～47、主脈長18cm、葉中窒素量62～71mg/葉、枝径9.2～10.3mmで調査園の中ではやや強い樹勢と判断された。また、No.3, No.4は葉色値44～45、主脈長17cm、葉中窒素量48～53mg/葉、枝径9.0～10.1mmで上記4園の中間の樹勢であった。これらの調査項目のうち、多くは各園地の腐植及び可給態窒素と正の相関関係が認められ（表5）、土壌の腐植及び可給態窒素が多い園ほど葉色は濃く、主脈長は長く、葉中窒素量は多く、枝は太い傾向が認められた。

考 察

1. 土壌の窒素無機化特性及び窒素硝化特性

土壌の窒素無機化特性値のうち、25℃における窒素無機化速度定数 k は、杉原ら（1985）による畑土壌（花崗岩土壌、沖積土）の未風乾土では0.0052～0.0099/day、齋藤（1990）による東北地方の非黒ボク土の畑土壌では0.0038～0.0081/day、佐藤ら（2001）によるリング園の褐色森林土では0.0026～0.0074/day、梅宮（1987）による黒ボク土ブドウ園では0.0019～0.0041/dayの報告がある。表3に示すように、筆者らの得た速度定数 k は、平均0.0040/day（0.0031～0.0052/day）で既報値の中では中間からやや小さい値で、土壌窒素の無機化速度が比較的遅い土壌であることを示していた。また、有機肥料の原料であるナタネ油粕の k 値0.069～0.190/day（古江ら、2001）に比べると、土壌の k 値

は1/10～1/50程度とかなり緩やかな無機化速度であると考えられた。

次に、活性化エネルギー E_a は、杉原ら（1985）の17,900～23,100cal/mol、齋藤（1990）の9,900～18,700cal/mol、佐藤ら（2001）の26,000～28,000cal/mol、梅宮（1987）の24,000～25,000cal/molの報告があり、筆者らの得た E_a は平均16,700cal/mol（13,562～20,697cal/mol）で、既報値の範囲内であった。杉原ら（1985）は活性化エネルギー E_a が有機物の分解抵抗性を示す一つの指標であると指摘し、堆きゅう肥の施用によって E_a が低下すると報告している。本試験においても、図6に示すように、 E_a と土壌の可給態窒素量を腐植含有率で除した値とは負の相関関係が認められた。これは、腐植含有率に対して可給態窒素量の割合が高い土壌は E_a が小さく、つまり、土壌有機物の分解抵抗性が弱く、可給態窒素の割合が低い土壌は E_a が大きく、有機物の分解抵抗性が高いことを表しており、各園地で使用された有機物の質及び量の違いを反映しているものと考えられた。

土壌の可分解性窒素量 N_0 は、杉原ら（1985）の30～76mg/kg、齋藤（1990）の47～150mg/kg、佐藤ら（2001）の51～143mg/kg、梅宮（1987）の189～275mg/kgの報告がある。筆者らの得た N_0 は、27～309mg/kg（平均132mg）で既報値と比較するといくぶん大きい値であった。層位別にみると、深さ0～20cmの上層は154～309mg/kg（平均205mg）、深さ20～40cmの下層は27～114mg/kg（平均58mg）と、平均値を比較すると上層は下層の約4倍の可分解性窒素量を含んでいた。調査園地では、有機物補給、土壌乾燥及び雑草防止を目的として多量のカヤを地表に施用しており、既報（藤富、2005；芝ら、2004）にもあるように、多量の有機物施用によって上層に可分解性窒素が集積したものと考えられた。

以上の窒素無機化特性値と硝化特性値とを比較すると、各特性値とも全ての土壌で大差ない値であった。前述のように、土壌の窒素無機化はナタネ油粕に比べてかなり緩やかに進むことから、本報の培養条件においては、アンモニア態窒素の硝酸態窒素への硝化作用も遅滞なく進むものと考えられた。

2. ブドウ園土壌の推定窒素無機化量

土壌の窒素無機化特性値と現地の地温データから推計した1年間の土壌窒素無機化量は、乾土1kg当たり6～133mg（平均55mg）であった。これは土壌の可分解性窒素量 N_0 の18～50%（平均39%）、全窒素の1.1～4.9%（平均2.9%）に相当する値であった。

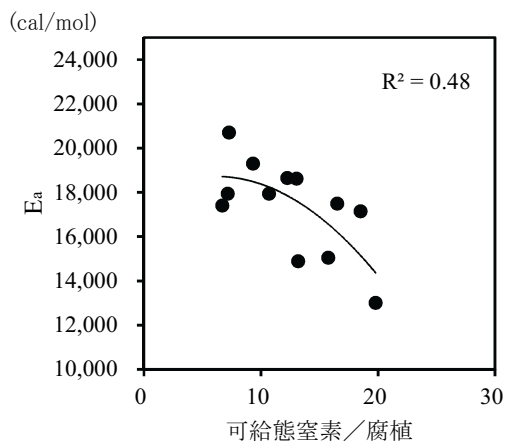


図6 土壌の活性化エネルギー (E_a) と可給態窒素含有量 / 腐植含有率の関係

² E_a は土壌の温度別培養試験と反応速度論的解析から求めた窒素無機化特性値、可給態窒素量 / 腐植含有率はピオーネ園地の土壌分析値から算出した

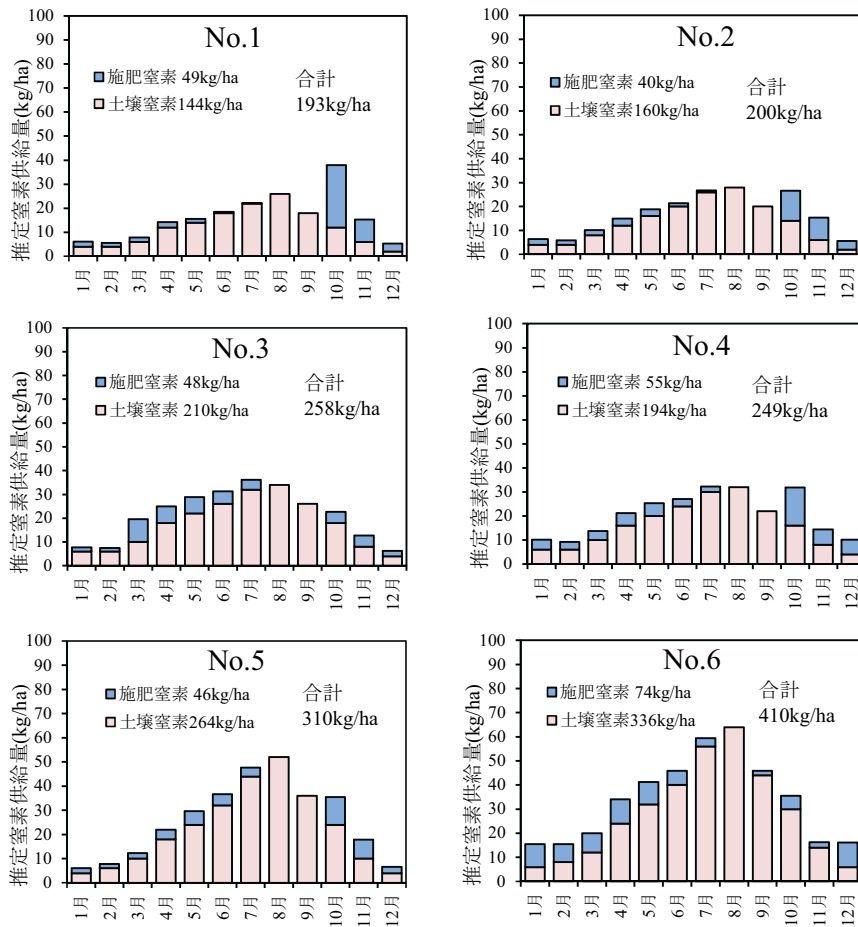


図7 ‘ピオーネ’園における土壌及び肥料からの推定窒素供給量

² 土壌窒素無機化量は各園の土壌の窒素無機化特性値と現地地温データからの推計値、施肥窒素硝化量は各園地で使用した肥料の種類、施肥時期、施用量、硝化特性値及び地温データに基づく推計値

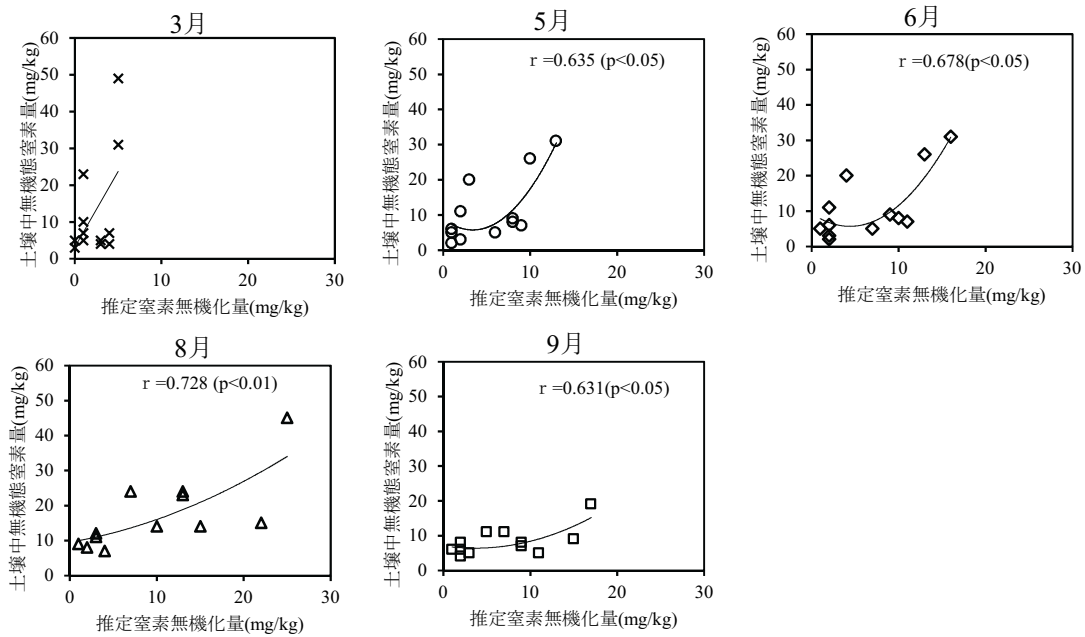


図8 ‘ピオーネ’園における各月の推定窒素無機化量と土壌中の無機態窒素量との関係

ブドウの主要根群域の深さを0～40cm、仮比重1.0と仮定すると、各園地の1年間の土壌窒素無機化量は1ha当たり144～336kg（平均218kg）と推計された（図7）。また、施肥窒素硝化量を各園の肥料の種類、施用量、施肥時期及び各肥料の窒素硝化特性値、現地の地温データから計算する（データ省略）と、1年間に1ha当たり40～73kg（平均52kg）と推計された。以上から、各園地において土壌及び肥料から供給される窒素量は1ha当たり193～410kg（平均270kg）と見積られ、園地間で窒素供給量に最大で約2倍の差があることが明らかになった。また、ブドウ樹が1年間に吸収する窒素量は、1ha当たり約88kg（小林，1970）～102kg（小豆沢，1995）との報告があることから、調査園ではブドウ樹の窒素吸収量の約2～4倍量が供給されていると推察された。

ブドウ樹の生育ステージ別の窒素供給量を図7から集計すると、発芽期（3～4月）にha当たり平均36kg（最小22～最大54kg、以下、同様）、新梢伸長・開花期（5～6月）に平均57kg（34～87kg）、果実肥大・着色期（7～8月）に平均77kg（48～123kg）、成熟期（9～10月）に平均60kg（47～81kg）、落葉期（11～2月）に平均41kg（33～63kg）と推計され、果実肥大・着色期をピークとする山型パターンとなった。各生育ステージにおける窒素供給量の園地間差は、発芽期32kg、新梢伸長・開花期53kg、果実肥大・着色期75kg、成熟期34kg、落葉期30kgで、園地間差が最も大きい時期は果実肥大・着色期で、次いで新梢伸長・開花期であり、成熟期、落葉期及び発芽期の園地間差は比較的小さかった。ブドウ樹の窒素吸収量に対する土壌窒素の寄与率は生育初期に低く生育が進むにつれて高まり（粕谷ら，1981）、特に新梢伸長期から着色期の窒素肥効はブドウ樹の生育及び果実品質への影響が大きい（広保，1963；金原，2006）時期に当たる。このことから、ブ

ドウ樹の窒素栄養をコントロールするための一手段として、土壌窒素の管理が重要であることが示唆された。

土壌の推定窒素無機化量とブドウ生育期間中の無機態窒素量との関係を見ると（図8）、地温の低い3月には両者の関係性は認められないが、地温が上昇する5月から9月の期間は、両者に正の相関関係が認められるようになった。さらに、地温の上昇によって土壌窒素無機化量が増加し、それに伴って無機態窒素量も増加する傾向が認められた。佐藤ら（2001）は7月上旬から9月上旬までの推定窒素無機化量は9月の無機態窒素量との間に正の相関が認められることを報告しており、本報においてもブドウ生育期間中における土壌中の無機態窒素量が土壌窒素無機化量の影響を受けていることが認められた。

斎藤（1990）は、地温から推定した夏作期間の土壌窒素無機化量と各種可給態窒素指標の関係を調べ、風乾土培養窒素量との相関が最も高く、また、両者の量的な割合もほぼ1：1であると指摘している。本報告における1年間の推定土壌窒素無機化量においても、各園の腐植含有率及び風乾土培養法による可給態窒素量と正の相関関係が認められ（図9）、なかでも可給態窒素との関係が強かった。このことから、土壌の腐植及び可給態窒素量がブドウ園の土壌窒素無機化量を知る目安になると考えられた。

3. 土壌及び肥料からの推定窒素供給量と‘ピオーネ’樹の生育との関係

‘ピオーネ’樹の葉色、主脈長、枝径及び葉中窒素量と土壌及び肥料からの推定窒素供給量との関係を図10にまとめて示した。

その結果、推定窒素供給量の多い園は、少ない園に比べて葉色は濃く、主脈長は長く、枝は太く、葉中窒素量は多い傾向が認められた。これを樹勢別に整理すると、窒素供給量193～200kg/haの2園（調査園No.1、

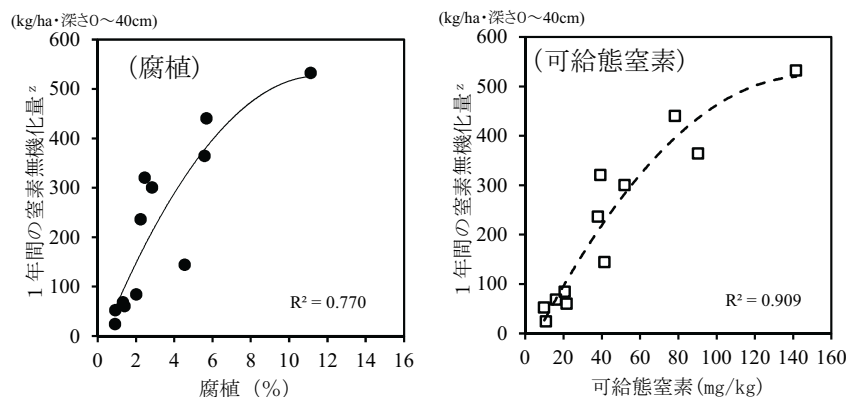


図9 ‘ピオーネ’園の腐植含有率及び可給態窒素量と1年間の推定窒素無機化量との関係

² 窒素無機化量は土壌の仮比重を1.0と仮定し、深さ0～40cmの土壌からの推定無機化量

No.2) はやや弱い樹勢, 窒素供給量310 ~ 410kg/haの2園 (調査園No.5, No.6) はやや強い樹勢, 窒素供給量249 ~ 258kg/haの2園 (調査園No.3, No.4) は上記4園の中間の樹勢と判断された。

調査園には窒素の過剰及び遅効きによる結実不良, 着色不良, 二次伸長の多発はなかったこと, また, No.1及びNo.2園は全体的に弱勢であったことから, No.3 ~ No.6園が概ね適正な樹勢であると判断され, 4園の窒素供給量249 ~ 410kg/ha程度が本地域の'ピオー

ネ'園における窒素供給量の目安になると考えられた。

土壌窒素は施肥窒素に比べて供給量が多く, しかもブドウ生育期間中に多く発現することから, 生育や窒素栄養への影響が大きいことが考えられる。そこで, ブドウ樹を適正樹勢に誘導しやすい地力水準に改良するための有機物施肥法が重要になる。適正な樹勢と考えられるNo.3 ~ No.6園 (1年間の土壌窒素無機化量194 ~ 336kg/ha) を参考にして, 地力関連項目である腐植及び可給態窒素量の深さ0 ~ 40cmにおける適正範囲を

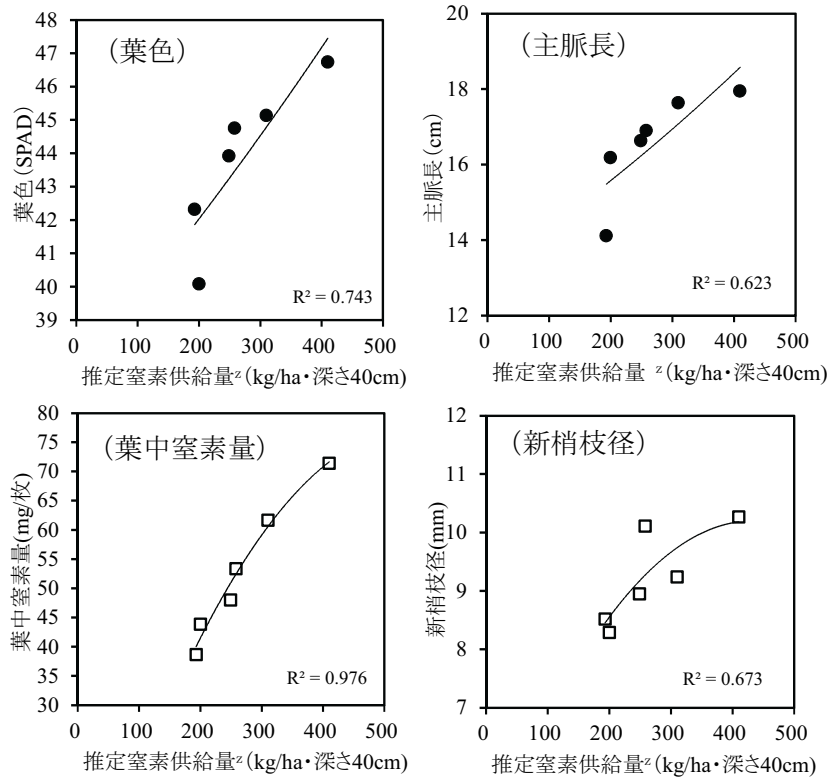


図10 推定窒素供給量と'ピオーネ'樹の葉色, 主脈長, 葉中窒素量, 新梢枝径との関係

² 窒素無機化量は土壌の仮比重を1.0と仮定し, 深さ0 ~ 40cmの土壌からの推定した値であり, 葉色, 主脈長, 葉中窒素量は開花期 (6月), 着色期 (8月), 収穫区 (9月) の平均値, 新梢枝径は落葉後の剪定前の測定値である

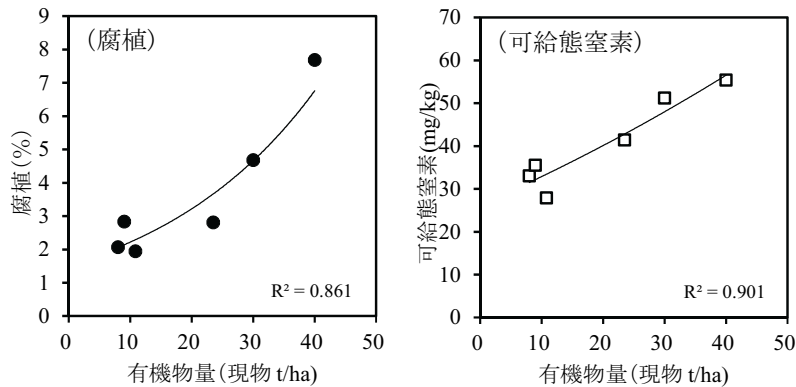


図11 ブドウ園に連用する有機物量と土壌中の腐植含有率及び可給態窒素量との関係

² 有機物は各園で連用されるカヤ及び堆肥, 土壌の腐植含有率及び可給態窒素量は各園地の深さ0 ~ 40cmにおける平均値

推察すると、腐植含有率は3～7%、可給態窒素量はkg当たり40～55mgを目標とした土壤改良が望ましいと考えられた。各園地の腐植含有率及び可給態窒素量は、施用する有機物量と正の相関関係にある（図11）ことから、例えば、腐植含有率を約3%に改良するためには、1ha当たり約20トンの有機物の連用が必要と考えられた。

一方、労力、コスト、資材入手等の理由で、有機物の多量施用が困難の場合は、土壤窒素の不足分を肥料で補う方法が考えられる。土壤肥沃度に対応した施肥体系の必要性については、果樹栽培においても、既に佐藤（1986）が指摘しているが、土壤肥沃度の簡易診断法や施肥窒素の肥効予測技術が確立されていなかったことから、実現していないのが現状である。これを実現させるためには、本報告で示した腐植含有率あるいは可給態窒素量による土壤窒素無機化量の推定、さらに施肥窒素の肥効予測技術とブドウ樹の生育・果実品質への影響について検討を進める必要がある。また、本報では触れていないが、春季の根及び新梢、果実の生長との間に密接な関係がある（広保、1963；小林、1970）とされる冬季の貯蔵養分についても、窒素供給量及び供給時期との関係を整理する必要があると考えられる。

摘 要

高粱地域の褐色森林土ブドウ園の土壤窒素無機化量を反応速度論的手法で推定した。その結果、1年間に1ha当たり144～336kg（平均218kg）の窒素が土壤から供給され、施肥窒素と合わせた総窒素供給量は193～410kg（平均270kg）であり、園地間で最大で約2倍の差があることが明らかになった。この窒素供給量が多いほど‘ピオーネ’樹の葉色が濃く、葉が大きく、葉中窒素量が多く、新梢枝径が太いことから、‘ピオーネ’樹の生育及び窒素栄養は土壤及び肥料からの窒素供給量と密接な関係があると考えられた。

調査樹の樹勢から判断すると、本地域の‘ピオーネ’樹を安定した樹勢で管理するためには、土壤窒素供給量が194～336kg程度が望ましいと推察され、そのためには深さ0～40cmの腐植含有率を3～7%、可給態窒素量を40～55mg/kgの範囲内になるように土壤改良を行うことが望ましいと考えられた。

引用文献

赤池弘次（1976）情報量基準AICとは何か。数理科学、153: 73-81。

安藤 豊・藤井弘志・佐藤俊夫・荒垣憲一・中西政則・佐藤之信（1989）沖積水田の地力窒素の無機化モデルについて。土肥誌、60(1): 1-7。

小豆沢 齊（1995）施設栽培ブドウにおける土壤肥料学的研究。島根農試研報、29: 1-107。

土壤環境分析法編集委員会編（1997）土壤環境分析法。博友社、東京、321p。

藤井弘志・安藤豊・佐藤俊夫・荒垣憲一・中西政則・佐藤之信（1989）山形県庄内地域（グライ土壤）の地力窒素の無機化について。土肥誌、60(1): 8-14。

藤富慎一・末吉孝行・平野稔彦（2005）花崗岩質土壤における牛ふん堆肥連用が露地野菜畑の土壤窒素無機化および窒素収支に及ぼす影響。福岡農総試研報、24: 10-15。

古江広治・上沢正志（2001）反応速度論的手法での土壤及び有機質資材の有機態窒素の無機化特性値データ集。農研センター資料、43: 1-50。

広保 正（1963）ブドウ樹の栄養生理的研究（第5報）窒素、リン酸、加里、石灰の供給時期および期間がブドウ樹の生長、収量、品質におよぼす影響について。園学雑、32(1): 20-26。

石橋英二・藤原宏子・鷲尾建紀・大家理哉（2014）堆肥等有機質資材からの窒素無機化率の推定における反応速度論的手法の新たな解析方法の提案。土肥誌、85(4): 362-368。

金原啓一（2006）ぶどう根圏制御栽培における当年の施肥窒素の樹体分配。栃木農試研究成果集、25。

粕谷光正・松浦永一郎・青木秋広・茂木惣治（1981）ブドウ巨峰の施肥改善に関する研究 第2報 基肥窒素の生育時期別吸収。栃木農試研報、27: 61-68。

小林 章（1970）ブドウ園芸。養賢堂。東京、pp.328-336。

金野隆光（1983）土壤肥料試験研究のための統計的計算用BASICプログラム。農技研化学部資料、1: 79-111。

西宗 昭（1984）十勝地方における畑作物の生産に対する土壤窒素の評価。北農試研報、140: 33-91。

岡山県農林水産総合センター編（2015）土壤診断と土づくりの手引き。岡山県農林水産部、岡山、55p。

斎藤雅典（1990）東北地方における畑土壌の窒素無機化特性値。土肥誌、61(3): 265-271。

佐藤雄夫（1986）土壤養分の豊否と生育。農業技術体系、果樹編 リンゴ 基本技術編・普通栽培 土壤管理と施肥、pp. 115-122。

佐藤善政・舟山瑞樹（2001）リンゴ園土壌の速度論的

解析法による窒素無機化特性に関する研究 第1報
無機化特性値の解析と無機化量の推定. 秋田果樹試
研報, 28: 11-21.

繁田充保・宇野孝章・高野和夫 (1990) ガラス室ブド
ウの品質に関する研究 (第4報) 土壌中の窒素とマ
スカット・オブ・アレキサンドリアの品質について.
岡山農試研報, 8: 65-67.

芝 宏子・大家理哉・石橋英二 (2006) 反応速度論的
手法による粉碎籾殻牛糞堆肥連用土壌の窒素無機化
パターン. 平成17年度近畿中国四国農業研究成果情
報, 161-162.

杉原進・金野隆光・石井和夫 (1985) 土壌中における
有機態窒素無機化の反応速度論的解析法. 農環研報,
1: 127-166.

住田弘一・斎藤雅典・大山信雄 (1988) 反応速度論的
手法による水田土壌窒素の無機化パターンの予測.
土肥要旨集, 34: 238.

高野和夫・木村剛・山本章吾・森次真一・岡本五郎 (2007)
‘清水白桃’樹の窒素およびカリウム栄養状態と果実糖
度との関係. 園学研, 6: 515-519.

上野正夫・佐藤之信・熊谷勝巳・大竹俊博 (1990) 速
度論的解析法による土壌窒素発現予測システム. 土
肥誌, 61(3): 273-281.

梅宮善章・安田道夫・佐藤雄夫 (1987) ブドウ圃場の
速度論的方法による土壌窒素無機化量の推定. 土肥
要旨集, 33: 120.

山本富三・久保田忠一 (1986) 速度論的解析による水
田土壌の窒素無機化特性. 土肥誌, 57(5): 481-486.