

チャにおける土壌窒素の季節別吸収と新芽への転流

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者	烏山, 光昭 松元, 順
巻/号	58巻6号
掲載ページ	p. 723-728
発行年月	1987年12月

チャにおける土壌窒素の季節別吸収と新芽への転流*

烏山光昭**・松元 順**

キーワード チャ, ^{15}N トレーサー法, 多腐植質黒ボク土, 土壌窒素, 季節別吸収

1. 緒 言

チャによる肥料窒素の吸収特性については砂耕法¹⁾, 水耕法²⁾, ^{15}N トレーサー法³⁾でかなり明らかにされている。窒素吸収量については年間に約 50 kg/10 a と報告⁴⁾され, 保科³⁾は年間窒素吸収量の約 50% は土壌や落葉などに由来する窒素であろうと推定しているが, 実際に茶園土壌における窒素吸収量を肥料窒素と土壌窒素に分けて調査した報告はみあたらない。

土壌窒素の無機化は地温との関連性が高く⁵⁾, 生育時期によって土壌窒素の吸収量にはかなり差があると報告^{6,7)}されている。

チャは4～8月に伸びた新芽を年間2～3回収穫する作物であり, 窒素吸収については年間吸収量だけでなく, 吸収の季節変化や樹体内における吸収窒素の利用を解明する必要がある。

一方, 茶園では表層土壌は下層土に比べ, 有機物の施用や落葉等の堆積によって易分解性の有機態窒素が増加しており⁸⁾, チャの吸収する土壌窒素には比較的難分解性の有機態窒素だけでなく, 上記の易分解性の有機態窒素も含まれていると考えられる。そこで本研究では, 土壌窒素として難分解性の窒素だけでなく, 有機物施用等により増加した易分解性の有機態窒素も含めたものと解釈し, チャによる土壌窒素の吸収と利用について試験した。

本報では幼茶樹を供試し, 年間に6～8月, 9～11月, 12～2月, 3～5月の4時期に分け, それぞれの時期における土壌窒素の吸収量, 一番茶新芽への土壌窒素の転流について検討したので結果を報告する。

2. 試験方法

供試土壌として多腐植質黒ボク土の茶園より, 有機物の施用来歴のない土壌(以下, 黒ボク土という)と過去に堆きゅう肥の施用来歴のある土壌(以下, 有機物施用黒ボク土という)を採取した。供試土壌の全炭素含有率は CN コーダー, 全窒素はサリチル酸-硫酸分解法, 可給態窒素はビン培養法, 無機態窒素は Bremner 法⁹⁾で測定し, 第1表に示した。全窒素, 可給態窒素含有率はいずれも有機物施用黒ボク土で高かった。

1984年3月29日, a/5000ポットに黒ボク土(水分44.4%), 有機物施用黒ボク土(水分52.4%)をいずれも生土で2.2kg充填し, やぶぎた2年生苗をポット当たり2本定植した。定植直後に高さを15cmにそろえて露天下で生育させた。5月15日にポットをビニールハウス内に移し, 6月1日から処理を開始した。

処理は第2表に示したように黒ボク土では ^{15}N 標識硫酸アンモニウム(10.4 atom %)をポット当たり1回に0.5g施用する区(N区), 有機物施用黒ボク土では ^{15}N 標識硫酸アンモニウム(10.4 atom %)をポット当たり1回に0.5g(N区), 1.5g施用する区(3N区)と無窒素区(0N区)を設け, それぞれ4反復とした。 ^{15}N 標識硫酸アンモニウムは各区とも1984年6月1日, 9月1日, 12月1日, 1985年3月1日に施用した。また各区ともリン酸-カリウムを ^{15}N 標識硫酸アンモニウム施用時にポット当たり1回に0.5g施用した。

調査については, 黒ボク土, 有機物施用黒ボク土のN区はいずれも1984年5月31日, 8月31日, 11月30日, 1985年2月28日, 一番茶新芽の生長した5月8日にポットから抜き取った。有機物施用黒ボク土の0N区, 3N区は5月8日のみポットから抜き取った。抜き取ったチャは十分に水洗し, 新芽(5月8日のみ), 花(11月30日のみ), 成葉, 茎, 根に分け, 新芽の一部は80%熱エタノールで抽出し, 残りは70℃で通風乾燥後, 粉末試料とした。成葉, 茎, 根は全量を通風乾燥後, 粉末試料とした。試料の全窒素含有率, 80%熱エタノール不溶性窒素(以下, 不溶性窒素という)はケルダール法, カフェイン態窒素はクロロホルムで3回抽出後, 蒸発乾

Mitsuaki KARASUYAMA and Jun MATSUMOTO

* チャにおける土壌窒素の吸収, 利用に関する研究(第1報)

本報告の一部は昭和60年11月, 茶業技術研究発表会(静岡)で発表した。

** 鹿児島県茶業試験場(897-03 鹿児島県川辺郡知覧町永里3964)

昭和62年5月23日受理

日本土壌肥科学雑誌 第58巻 第6号 p.723~728(1987)

第 1 表 供試土壤の化学性

供 試 土 壤	pH (H ₂ O)	全炭素 (%)	全窒素 (%)	可給態窒素 (mg/100 g)	ポット土壤の無機態窒素 (mg/100 g)			
					5.31	8.31	11.30	2.28
黒 ボ ク 土	4.14	8.9	0.50	3.8	1.3 (16)*	1.0 (12)*	tr	tr
有機物施用黒ボク土	4.17	14.1	0.89	8.0	4.1 (43)	3.1 (32)	tr	tr

データは乾土当たりで示した。可給態窒素量は 30°C, 4 週間インキュベートでの無機化量。tr は 1 mg 未満。* () はポット当たりの無機態窒素量 (mg)。

第 2 表 チャによる肥料窒素および土壤窒素の季節別吸収量

試験区		期 間 (月)	肥料窒素		土壌窒素	合 計 (mg)	土壌窒素の 吸収割合 (%)
番号	供試土壤 施肥条件		mg (%)	(利用率)	mg (%)		
1	黒ボク土 N	6~8	35.5 (16)*		98.2 (81)*	133.7	73
		9~11	47.5 (21)		17.3 (14)	64.8	27
		12~2	79.8 (35)		6.3 (5)	86.1	7
		3~5	62.0 (28)		0 (0)	62.0	0
		年 間	224.8 (100)	(34)	121.8 (100)	346.6	35
2.	有機物施用 黒ボク土 N	6~8	35.2 (14)		356.7 (63)	391.9	91
		9~11	65.1 (25)		158.8 (28)	223.9	71
		12~2	65.0 (25)		0 (0)	65.0	0
		3~5	90.7 (35)		53.7 (9)	144.4	37
		年 間	256.0 (100)	(61)	569.2 (100)	825.2	69
3	" 3N	年 間	881.4	(70)	438.7	1320.1	33
4	" 0N	年 間	0		451.9	451.9	100

データは 2 個体当たり。* () は季節別吸収割合。

固してケルダール法で測定した。各器官の ¹⁵N 濃度については、全窒素、不溶性窒素、カフェイン態窒素はケルダール分解後、グルタミン、テアミンは薄層クロマトグラフィーで分離¹⁰⁾した後、いずれも発光分光法で測定した。

吸収された肥料窒素量、土壌窒素量は次の式で求めた。

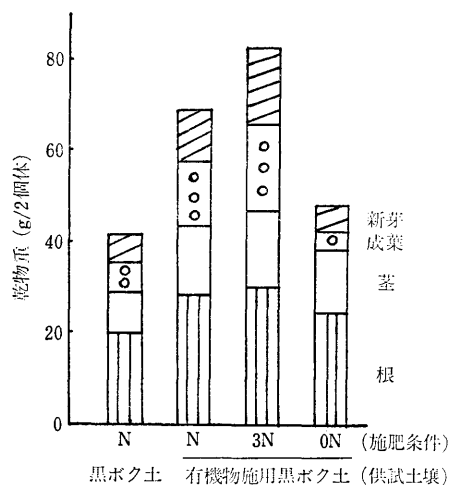
$$\text{肥料窒素量} = \frac{\text{全窒素中の } ^{15}\text{N atom \% excess}}{\text{供試窒素の } ^{15}\text{N atom \% excess}} \times \text{全窒素量}$$

$$\text{土壌窒素量} = \text{全窒素量} - \text{肥料窒素量}$$

3. 試験結果および考察

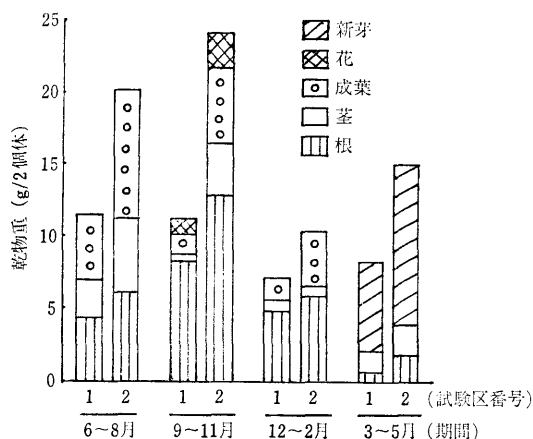
1) 季節別生育量

第 1 図に示したように最終掘り取り時 (5 月 8 日) の 2 個体当たりの全乾物重は有機物施用黒ボク土区が黒ボク土区に比べて多く、しかも窒素施用量の多い区ほど全乾物重は多かった。新芽の乾物重に対する施肥処理効果は全乾物重とほぼ同様な傾向であった。有機物施用黒ボク土 0N 区の乾物重は黒ボク土 N 区に比べて茎、根では



第 1 図 チャの生育に対する施肥条件と土壤の影響 (5 月 8 日)

多かったが新芽では差はなく、成葉では少なかった。このように成葉の乾物重が少なかったのは冬季に窒素欠乏で落葉したためであった。



第2図 チャ各器官の季節別生育量

1区, 黒ボク土N区; 2区, 有機物施用黒ボク土N区.

黒ボク土N区と有機物施用黒ボク土N区の季節別生育量を第2図に示した。両区ともに6~8, 9~11月の生育量が多く, 12~2月の生育量は少なかった。各器官の季節別生育量は, 両区ともに6~8月では成葉, 茎, 根の生育量がいずれも多かったが, 9~11, 12~2月では根, 3~5月では新芽の生育量が特に多かった。また, 有機物施用黒ボク土N区は黒ボク土N区に比べて特に新芽, 成葉, 茎など地上部の生育量がまさった。

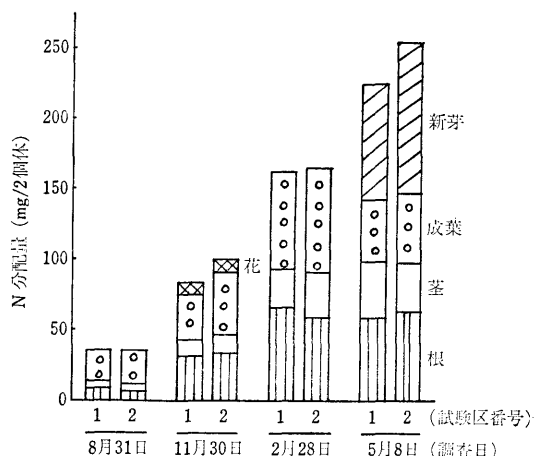
三木¹¹⁾は乾物生産に対する有機物施用効果の最も重要な要因として可給態窒素の富化をあげている。本試験でも有機物施用により易分解性の有機態窒素がふえており, この形態の窒素吸収量の増加によって樹体および新芽の乾物重が増加したと考えられる。

2) 土壤窒素の季節別吸収

肥料窒素および土壤窒素の季節別吸収量を第2表に示した。年間窒素吸収量は有機物施用黒ボク土の3N区で最も多く, 次いでN区, 0N区の順で, 黒ボク土N区で最も少なかった。

土壤窒素の年間吸収量は, 黒ボク土N区ではポット当たり121.8 mgであり, 有機物施用黒ボク土N区では黒ボク土区の約4.7倍の569.2 mgの土壤窒素を吸収した。このことより, 黒ボク土に由来する窒素の年間吸収量はそれほど多くないものと推察される。一方, 有機物施用黒ボク土N区では土壤窒素の吸収量が著しく多く, 有機物施用に由来する易分解性の有機態窒素のチャの生育, 品質への影響は大きいと考えられる。

有機物施用黒ボク土区では3N区の土壤窒素の年間吸収量はN区に比べて少なく, 0N区のそれは3N区とほぼ同等であった。0N区については成葉の落葉によって



第3図 各時期における肥料由来窒素のチャ各器官への分配量

1区, 黒ボク土N区; 2区, 有機物施用黒ボク土N区.

吸収量が過少評価されているため考察できないが, 根圏に肥料窒素の多い条件下では, チャは土壤窒素よりも肥料窒素を優先的に吸収することが示唆された。しかし, ほ場では肥料窒素の溶脱量が多い¹²⁾ことより, 施肥によって土壤窒素の吸収量が低下することは少ないと予想され, 多肥栽培下においても土壤窒素の供給能はきわめて重要であると考えられる。西宗⁹⁾は畑作物の生育にも土壤窒素が重要であると指摘している。

肥料窒素の年間吸収量は, 有機物施用黒ボク土N区が黒ボク土N区に比べてやや多かった。有機物施用黒ボク土区では, 3N区がN区に比べ約3.4倍の肥料窒素を吸収した。窒素吸収量と根量の関係は深い¹³⁾ことより, 第1, 2図に示したように有機物施用黒ボク土区では根の生育が黒ボク土区よりもすぐれ, 吸肥力が増したため肥料窒素の吸収量が増加したと考えられる。同様な結果¹⁴⁾を著者らは別の試験でも得ている。

黒ボク土N区では土壤窒素の年間吸収量の81%が6~8月, 14%が9~11月に吸収され, 12~2, 3~5月の吸収量は5%以下であった。一方, 有機物施用黒ボク土N区では土壤窒素の年間吸収量の63%が6~8月, 28%が9~11月, 9%が3~5月に吸収され, 12~2月にはほとんど吸収されなかった。黒ボク土に含まれる窒素の大部分は難分解性の有機態窒素である¹⁵⁾。黒ボク土区の土壤窒素は地温が高い6~8月に無機化され, 他の時期の無機化量は少なかったと考えられる。一方, 有機物施用黒ボク土は第1表に示したように易分解性の有機態窒素が多く, この形態の窒素はかなり低い温度でも無機化する¹⁶⁾。そのため有機物施用黒ボク土N区では土

第 3 表 チャ新芽の全窒素, 不溶性窒素および窒素化合物含有率

番号	試験区		全窒素 (%)	不溶性窒素 (%)	カフェイン	グルタミン	テアニン	遊離アミノ酸** ($\mu\text{mol/g}$)
	供試土壌	施肥条件						
1	黒ボク土	N	2.01	1.64 (82)*	66	0.50	0.37	6.26
2	有機物施用黒ボク土	N	2.41	1.86 (77)	80	1.10	1.01	9.04
3	"	3N	3.02	2.40 (79)	106	1.62	7.91	19.42
4	"	0N	2.18	1.87 (86)	55	0.67	0.74	7.01

データは乾物当たりで示した。

* () は全窒素に対する不溶性窒素の割合%。

** 遊離アミノ酸はアスパラギン酸, グルタミン酸, アスパラギン, グルタミン, セリン, アルギニン, テアニン, γ -アミノ酪酸の合計値。

第 4 表 チャ新芽の不溶性窒素および窒素化合物への肥料窒素の取込み

番号	試験区		調査項目	全窒素	不溶性窒素	カフェイン	グルタミン	テアニン
	供試土壌	施肥条件						
1.	黒ボク土	N	肥料窒素の寄与率 (%)	66.7	69.6	58.8	32.2	44.6
			" 量 (mg/lg)	13.4	11.4	2.17	0.0045	0.0046
			(%)	(100)	(85.1)	(16.2)	(0.0)	(0.0)
2.	有機物施用 黒ボク土	N	肥料窒素の寄与率 (%)	41.4	43.3	41.9	20.8	22.0
			" 量 (mg/lg)	10.0	8.05	1.88	0.0064	0.0062
			(%)	(100)	(80.5)	(18.8)	(0.1)	(0.1)
3.	"	3N	肥料窒素の寄与率 (%)	72.0	70.6	70.9	52.1	69.4
			" 量 (mg/lg)	21.7	16.9	4.21	0.024	0.15
			(%)	(100)	(77.9)	(19.4)	(0.1)	(0.7)

データは乾物当たりで示した。() は各N画分中の肥料窒素量/全窒素中の肥料窒素 $\times 100$ 。

壤窒素が6~8月だけでなく, 9~11月, 3~5月でも吸収されたと考えられる。このことより, 土壌中の易分解性の有機態窒素の増加によって年間における土壌窒素の吸収量が増加するだけでなく, 土壌窒素を吸収する期間も長くなることが明らかとなった。

肥料窒素の吸収は, 黒ボク土N区では各期間とも年間吸収量の16~35%を吸収し, 有機物施用黒ボク土N区でも各期間の吸収量は14~35%の範囲にあり, 土壌窒素に比べて季節による吸収量の変動は小さかった。

各期間の窒素吸収量に占める土壌窒素の割合は, 黒ボク土N区では6~8月が73%, 9~11月が27%, 12~2月が7%, 3~5月は0%で, 特に6~8月に占める割合が高かった。有機物施用黒ボク土N区では6~8月が91%, 9~11月が71%, 12~2月が0%, 3~5月は37%であり, 黒ボク土N区に比べて特に9~11, 3~5月に占める割合が高かった。このことより, 黒ボク土では6~8月, 有機物施用黒ボク土では6~11月に吸収する窒素の多くを土壌窒素に依存していると考えられる。

3) 吸収窒素の各器官への分配と転流

各時期における吸収された肥料窒素の各器官への分配量を第3図に示した。両土壌区ともに肥料窒素は8月31日では成葉へ, 11月30日, 2月28日では成葉, 根へ多く分配された。5月8日の一番茶新芽への肥料窒素の分配については, 黒ボク土N区ではチャ全体に含まれる肥料窒素の37%, 有機物施用黒ボク土N区では43%, 3N区(データ省略)では41%が分配された。5月8日の各器官への肥料窒素の分配量は2月28日と比べて茎, 根ではほとんど差はなかったが, 成葉への分配量は減少した。このことより, 新芽へ転流する窒素量は多く, 新芽を構成する窒素は2月28日以降吸収した窒素だけでなく, それ以前に吸収し, おもに成葉に貯蔵された窒素も新芽に再転流することが示された。小西ら¹⁷⁾は, 新芽窒素の半分以上は2月以前に吸収された窒素で構成されると述べている。また, 有機物施用黒ボク土N区は黒ボク土N区に比べて肥料窒素が根よりも新芽, 成葉へ分配される割合が高かったことより, 土壌窒素の多少により, 肥料窒素の各器官への分配割合は異なると考えられ

る。

新芽の全窒素、不溶性窒素および窒素化合物の含有率を第3表に示した。新芽の全窒素含有率は有機物施用黒ボク土3N区で最も高く、次いでN区、0N区の順で、黒ボク土N区で最も低かった。不溶性窒素含有率も全窒素含有率とはほぼ同様の傾向であったが、全窒素に占める不溶性窒素の割合は有機物施用黒ボク土0N区で最も高かった。カフェイン、グルタミン、テアニン、遊離アミノ酸含有率はいずれも有機物施用黒ボク土3N区で最も高く、黒ボク土N区では低く、窒素吸収量の増加によって新芽の全窒素、なかでもエタノール可溶性の窒素化合物の含有率が特に高まることが示された。

新芽の不溶性窒素および窒素化合物への肥料窒素の取込みを第4表に示した。新芽への肥料窒素の寄与率は、黒ボク土N区では66.7%、有機物施用黒ボク土N区では41.4%、3N区では72.0%であった。このことより、両N区ではそれぞれ新芽窒素の33.3%、58.6%が肥料窒素以外に由来し、また植え付けたチャに由来する窒素は少ないので、これらのうち大部分は、それぞれ6~8月または6~11月に吸収され、おもに成葉に貯蔵された土壤窒素が翌年の一番茶新芽へ再転流したものと考えられる。

有機物施用黒ボク土N区では、年間窒素吸収量に占める肥料窒素の割合は31%であったが、新芽へ分配された肥料窒素の割合は41%と高く、3N区においても同様の傾向であった。一方、黒ボク土N区では年間窒素吸収量に占める肥料窒素の割合と新芽に分配された肥料窒素の割合はほぼ同じであったことより、土壤窒素の吸収量の増加に対応して肥料窒素が一番茶新芽へ転流される割合は高くなると考えられる。

不溶性窒素および窒素化合物への肥料窒素の取込みについては、両N区で不溶性窒素に比べて特にグルタミン、テアニンでの肥料窒素の寄与率が低かった。しかし、有機物施用黒ボク土3N区では不溶性窒素、カフェイン、テアニンでの肥料窒素の寄与率は高く、グルタミンで寄与率はやや低かった。次に、新芽において肥料窒素の大部分は不溶性窒素に取り込まれ、その割合は黒ボク土N区で最も高く、次いで有機物施用黒ボク土N区、そして3N区の順であった。一方、新芽のカフェイン、グルタミン、テアニンへ肥料窒素が取り込まれる割合は、有機物施用黒ボク土N区が黒ボク土N区よりもやや高く、有機物施用黒ボク土3N区では肥料窒素のテアニンへ取り込まれる割合は黒ボク土N区の約7倍に増加した。このことより、土壤窒素の吸収量の増加に対応して新芽の全窒素含有率が高まるだけでなく、肥料窒素がカ

フェインやテアニンに合成される割合が増加することが示唆された。

4. 要 約

チャによる土壤および肥料窒素の季節別吸収量、一番茶新芽への転流について検討するため、¹⁵Nトレーサー法を用いてポット試験した。

(1) 有機物施用により易分解性の有機態窒素が増加した黒ボク土では、有機物施用来歴のない黒ボク土の約4.7倍の土壤窒素を吸収し、樹体および新芽の乾物重はいずれも黒ボク土におけるよりも増加した。

(2) 有機物施用来歴のない黒ボク土では、土壤窒素の吸収量は6~8月に集中して多く、12~5月ではほとんど吸収されなかった。易分解性の有機態窒素が増加した黒ボク土では、土壤窒素の吸収量の増加だけでなく吸収の期間も長くなり、12~2月を除き土壤窒素は吸収された。

(3) おもに6~11月に吸収された土壤窒素は樹体内に分配されるが、特に成葉に分配貯蔵された土壤窒素は翌年の一番茶新芽の生長とともに新芽へ再転流することが示唆された。

(4) 易分解性の有機態窒素が増加した土壤条件下では、そうでない土壤に比べて肥料窒素の吸収量が増加するだけでなく、その新芽へ転流される割合、新芽のカフェイン、テアニンへの取込みの割合も高くなった。

謝 辞 本研究の遂行にあたり、重窒素測定に便宜をはかって頂いた鹿児島大学農学部西原典則博士、堀口毅博士、稲永醇二博士、分析に御助力を頂いた当場當直樹研究員、とりまとめに際し御指導を頂いた農林水産省農業研究センター米山忠克博士、当場長藤嶋哲男博士に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 石垣幸三：茶樹の栄養特性に関する研究，茶試研報，**14**，1~152 (1978)
- 2) 前原三利・袴田勝弘：茶樹の窒素栄養とその診断指標，茶研報，**51**，11~21 (1980)
- 3) 保科次雄：茶樹による施肥窒素の吸収に関する研究，茶試研報，**20**，1~89 (1985)
- 4) 袴田勝弘・保科次雄・石垣幸三・前原三利：暖地火山灰地帯における茶樹の生育経過と季節別養分吸収量（第7報），6年生樹，茶技協講要，Feb.，34 (1977)
- 5) 金野隆光・杉原進・石井和夫：土壤窒素無機化の速度論的解析法，土肥要旨集，**27**，246 (1981)
- 6) 西宗 昭：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 (1984)
- 7) 鬼鞍 豊・吉野 喬・前田乾一：稲作期における土壤窒

- 素の有効化過程, 土肥誌, **46**, 255~259 (1975)
- 8) 河合惣吾: 茶園土壌の特性について(第 8 報), 窒素に関する諸性質, 茶技研, **29**, 47~55 (1964)
 - 9) 土壤養分測定法委員会: 土壤養分分析法, p. 197, 養賢堂, 東京 (1970)
 - 10) 伊東 治・米山忠克・秋山陽子・熊沢喜久雄: 薄層クロマトグラフィーにより分離されたアミノ酸およびアマイドの発光分光法による重窒素濃度測定の見直し, ラジオアイソトープ, **25**, 448~453 (1976)
 - 11) 三木和夫: 畑土壌の窒素供給力に関する研究, 東近農試研報, **18**, 353~406 (1969)
 - 12) 松元 順・鳥山光昭: 茶園における多量施肥と肥料成分の溶脱 (ライシメータ試験), 土肥要旨集, **32**, 284 (1986)
 - 13) 渡部育夫・池ヶ谷賢次郎・平峰重郎: 茶樹による重窒素標識追肥窒素の吸収に及ぼす有機物基肥施用の影響, 茶技研, **57**, 32~37 (1979)
 - 14) 鳥山光昭・米山忠克・小林宏信: 茶樹による標識施肥窒素の吸収に及ぼす土壌窒素の影響, 茶研報, **61**, 12~19 (1985)
 - 15) 山下 貴: タバコの土壌窒素吸収およびタバコ栽培地の土壌有機態窒素の化学的組成に関する研究, 鹿児島たばこ試研報, **17**, 1~80 (1973)
 - 16) 鳥山光昭・松元 順: チャの樹体内における吸収された土壌窒素の分配と利用, 土肥誌, 投稿中
 - 17) 小西茂樹・太田 充・岩瀬文男: 茶樹における窒素の吸収利用に関する研究 I, 茶樹各施肥期に吸収された窒素の新芽への寄与, 同上, **49**, 221~225 (1978)