

北勢地域における多肥栽培茶園の土壤 溶液法による実態解析

第2報 強酸性茶園土壤の酸性要因と酸性矯正*

橋 尚明**・吉川重彦**・松田兼三***

Studies on the Soil Solutions of Heavily Fertilized Tea
Fields in the Northern Part of Mie Prefecture

2. Examination of acidifying factors and amelioration of a strongly - acidified tea - garden soil

Naoaki TACHIBANA, Shigehiko YOSHIKAWA and Kanezo MATSUDA

緒言

三重県北勢地方の“かぶせ茶”栽培地域では、良質茶嗜好と茶業の好況により、昭和40年代後半期から多肥栽培による良質多収の生産機運が高まり波状的に普及した。そのため、最近では窒素成分量にして200kg/10a前後が慣行的な一般施肥量となり、一部では300kg/10aに達する農家もみられるにいたった。その結果、これらの多肥栽培茶園では、施肥位置に当る畦間土層の根群は表層は言うまでもなく、中層にもその分布がほとんどみられない。このような永年の多肥は、濃度障害による根腐れや発根機能の低下をひき起し、根の発達を著しく阻害するとともに、根の老朽化を促がしているものと思われる。また畦間土壤は酸性対策がされているにもかかわらず、pH 4.0以下を示す強酸性茶園がかなり多く、多肥による茶樹根の障害とともに最近問題視されるようになってきた。

そこで筆者らは、多肥栽培茶園について土壤肥料的側面からの実態調査を行い、多肥の功罪を明らかにするため現場採取の土壤溶液^{2),3)}の成分濃度を分析検討した。すでに第1報¹⁾で土壤成分濃度と土壤溶液濃度との関係、

施肥と土壤溶液濃度との関係などについて検討し、多肥栽培茶園の実態解析上での土壤溶液法の妥当性について報告した。本報では強酸性茶園土壤における多肥および標準施肥(標肥)栽培の酸性矯正を試み、施肥成分濃度の動態と酸性要因解析を土壤溶液の分析から検討した。その結果、若干の知見を得たのでその概要を報告する。

調査方法

1. 供試圃場および試験区の構成

供試圃場は、茶業センター南勢茶試験地で施肥量試験が過去10年間継続実施されている20年生やぶきた成木園とした。供試土壤は結晶片岩残積土の礫質赤色土であり、一般化学性は第1表に示すとおりである。

試験区の構成は、従来からの施肥量試験区を用い、10a当り施肥量を窒素80kg、リン酸30kg、加里36kgの標肥区と各成分とも3倍量の多肥区にそれぞれ酸性矯正区を設けた。酸性矯正区は、昭和57年9月下旬、改良目標を水浸出pH 5.5に設定し、石灰中和曲線により畦間15cm層に苦土石灰を施用し混層した。なお、各試験区の施肥量

第1表 矯正前の土壤の化学性(57.9)

	層位 cm	pH		Y ₁	CEC me	置換性塩基 me			塩基飽 和度(%)	トルホーグ P ₂ O ₅ mg	
		H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K			
標肥区	畦間	0~20	3.23	2.91	53.1	35.5	6.48	2.60	0.84	27.9	306
		20~40	3.60	3.40	41.9	2.08	2.22	1.01	0.89	19.8	98
多肥区	株下	0~20	4.13	3.68	28.9	21.0	0.93	0.36	0.83	10.1	18
		畦間	0~20	3.20	2.82	54.4	38.0	4.59	1.72	1.91	21.6
		20~40	3.25	2.81	54.8	32.7	2.37	1.10	1.16	14.2	360
	株下	0~20	4.02	3.68	30.9	18.2	0.78	0.27	0.94	10.9	18

* この報告の一部は日本土壤学会中部支部講演会(1984. 静岡)で発表した。

** 環境部

*** 現伊賀農業センター

第2表 試験区の施肥量及び時期 (kg/10a)

		57	9月	10	11	12	58	1月	2	3	4	5	6	7	8	計
標肥区	N		24							24			16		16	80
	P		15							15						30
	K		18							18						36
多肥区	N		40							40	27	27	27	27	27	240
	P		27							27		9	9		9	90
	K		30							30		10	10		10	100

注) 9月, 3月の窒素成分の50%は, なたね粕, 魚粕, その他の窒素成分は硫酸を主体とした化成肥料。

および分施肥時期を示すと第2表のとおりである。

2. 土壌溶液の採取および分析法

土壌溶液は, 畦間部, 雨落部および株下部の各々地表面下15, 30, 45cmの位置に土壌溶液採取用素焼カップを埋め込み, 昭和57年10月から58年9月まで毎月1回, 真空ポンプで水銀柱63cm (pF 2.9)程度に減圧して土壌溶液を採取し分析に供した。

NH₄-N, NO₃-Nの定量はイオン電極法, SO₄は鉛イオン電極による沈澱滴定法, Alはアルミニウム比色法により, また他の成分は常法に従った。なお陽イオンとしてNH₄-N, Ca, K, Mgを, 陰イオンとしてはSO₄, NO₃-N, Pを対象としAlは単独に扱った。またNH₄-N, NO₃-N, Kは1モル1当量, Ca, Mg, SO₄は1モル2当量, Al, Pは1モル3当量として計算した。

試験結果

1. 土壌溶液のイオン組成

(1) 畦間, 雨落ち, 株下部におけるイオン組成

イオン濃度が高い夏季における畦間, 雨落ち, 株下部のイオン組成の一例を第3表に示した。施肥部にあたる畦間部では, 株下部にくらべpHが低く, 土壌溶液中に解離しているイオン濃度を示す電気伝導度(EC)も3~7mS/cmと高かったが, 株下部では0.2mS/cm以下と極めて低い値を示した。このイオン濃度は陰イオンSO₄, NO₃-Nの濃度にはほぼ比例して高くなり, 特にSO₄の寄与率が高かった。

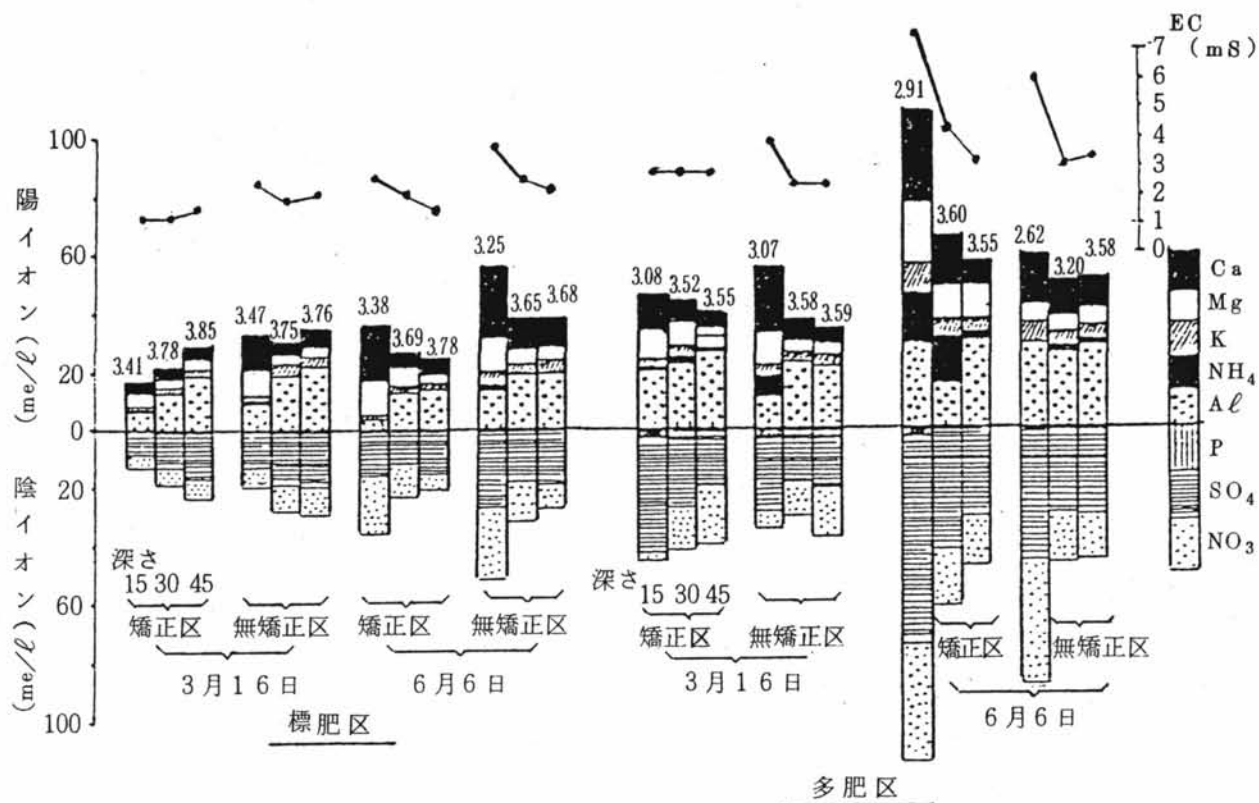
陽イオンについてみると畦間表層部では, Ca, Mgがかなり高濃度に存在し, 次いでNH₄-N, Kの順であった。またCa, Mg, Kは45cm深においても表層部の1/2程度認められ, NH₄-Nは30cm深でもかなり高濃度に存在していた。一方, 株下部ではCaが最も多いが, 各イオンとも畦間のそれに比べ1~2オーダー低い濃度であった。

陰イオンでは, 畦間部でSO₄が極めて高い濃度で存在し, 次いでNO₃-Nが多く, Pの溶出も多少みられた。なお株下部でもSO₄は多かったが, 陽イオンと同様畦間部に比べると各イオンとも1/10~1/100オーダー低い濃度であった。また両性イオンであるAlは, 株下部では

第3表 調査部位別土壌溶液イオン組成(多肥矯正区)

(58.6)

	深さ cm	pH	EC	陽イオン (me/l)					陰イオン (me/l)				Al (me/l)
				Ca	Mg	K	NH ₄ -N	計	NO ₃ -N	SO ₄	P	計	
畦間	15	2.91	7.61	30.4	21.1	10.1	17.9	79.5	41.1	70.5	3.3	114.9	29.7
	30	3.60	4.28	17.9	11.1	6.0	15.6	50.6	18.9	41.3	0.2	60.4	15.3
	45	3.55	3.24	12.0	9.4	5.0	2.0	28.4	17.5	30.4	0.1	48.0	30.4
雨落	15	3.70	1.74	8.6	7.6	0.9	tr	17.1	12.6	9.6	0.1	22.3	6.2
	30	3.55	2.43	7.2	6.3	2.6	tr	16.1	18.1	17.7	0.2	36.0	26.0
	45	3.51	2.71	5.2	4.9	2.9	0.1	13.1	20.4	22.6	0.1	43.1	33.2
株下	15	3.92	0.10	0.4	tr	0.3	0.1	0.8	0.3	2.7	tr	3.0	0.4
	30	3.95	0.08	0.4	0.1	0.2	tr	0.7	0.1	1.1	0.1	1.3	tr
	45	3.90	0.18	2.6	0.4	0.6	tr	3.6	0.2	2.0	tr	2.2	1.1



第1図 各処理区の時期による土壤溶液イオン組成の相違

低濃度であったが pH の低い畦間部および雨落部の深層部では高い濃度が認められた。

このように茶園土壤における各部位別、層位部の土壤溶液濃度にはある傾向が認められるものの概してヘテロ性が強く、また畦間、雨落部では陽イオンに対し陰イオンが多く、特にSO₄の濃度が高かった。なお、陽イオンとAlイオン濃度合計は、陰イオン濃度合計とはほぼ等しかった。

(2) 畦間部における各処理区のイオン組成

畦間部における各処理区のイオン組成を、春肥前と夏季についてまとめると第1図のとおりである。なお、ここではAlイオンを陽イオンとして図示した。

溶液中のイオン量は、施肥の時期および量との関係が深く3月中旬の春肥前までは標肥区、多肥区ともに矯正区と無矯正区との間でイオン量の差異は認められなかった。しかし6月初旬になると窒素質肥料、特に硫酸などの硫酸根肥料の施用によりSO₄、NO₃-N濃度が増すとともにCa、Mgも高濃度になった。特に多肥矯正区では各イオンとも著しく高濃度となり酸性矯正の影響が認められたが、標肥区では矯正、無矯正両区の差が明瞭でなかった。また多肥矯正区では、無矯正区にくらべNO₃-N、NH₄-NおよびSO₄が高濃度に存在したが、これは長年の多肥栽培による土壤集積窒素が、石灰施用とともに無

機化が促進されたためと推察される。

2. 土壤 pH と置換性石灰の推移

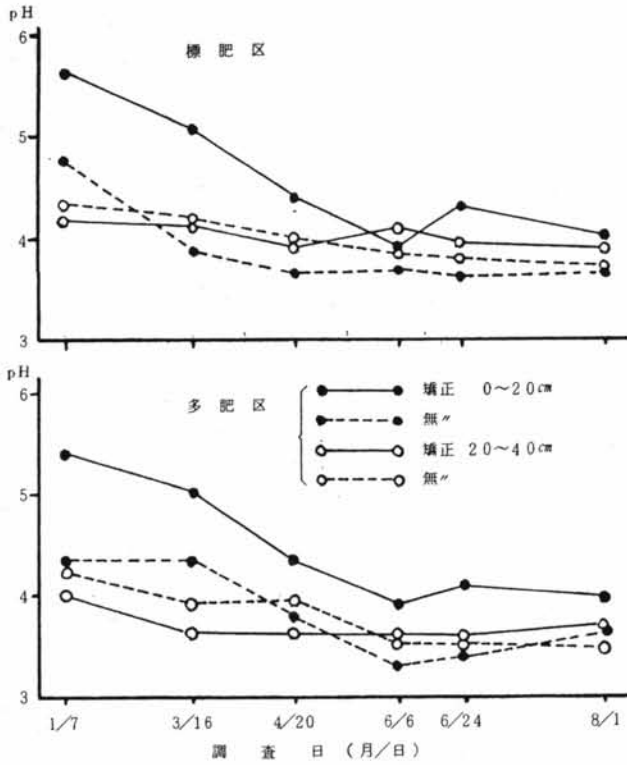
畦間部における pH (H₂O) の推移を第2図に示した。酸性矯正処理後4ヶ月目の上層0~20cm層の pH は、標肥、多肥区とも石灰施用によりほぼ改良目標値5.5に達したが、春肥の施用が初まる3月から急速に低下し、6月以後は pH 4.0程度を示し無矯正区にくらべわずかに高いにすぎなかった。一方、下層部(20~40cm)でも酸性矯正の効果が4月以後に若干認められたが、上層部にくらべその変動は極めて小さい。

なお、置換性石灰の推移は、第3図に示したとおりである。pHと同様、酸性矯正のための石灰施用で上層部の置換性石灰は著しく増大したが、4月以降急速に低下し、8月には無矯正区とほぼ同程度となった。しかし下層部では、酸性矯正の効果がほとんど認められなかった。このように上層部の石灰溶脱はかなり激しく、多肥によりさらにその傾向が促進された。

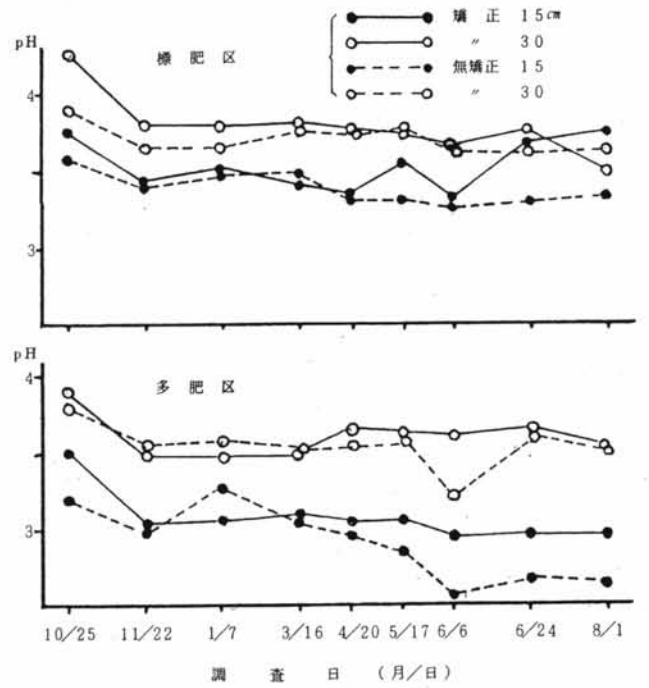
3. 土壤溶液濃度の推移

(1) 土壤溶液 pH の推移

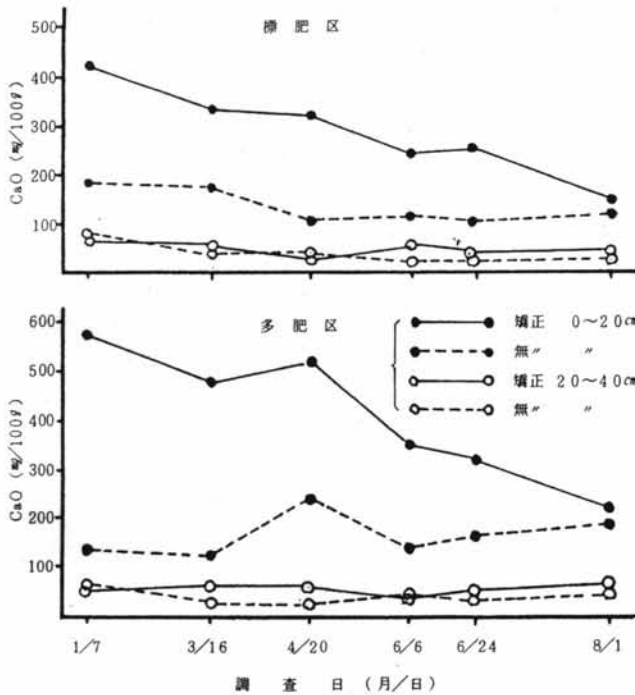
畦間部における15cmおよび30cm深の土壤溶液 pH の推移を第4図に示した。標肥無矯正区の溶液 pH は15cm深



第2図 土壌pH (H₂O)の推移



第4図 土壌溶液pHの推移



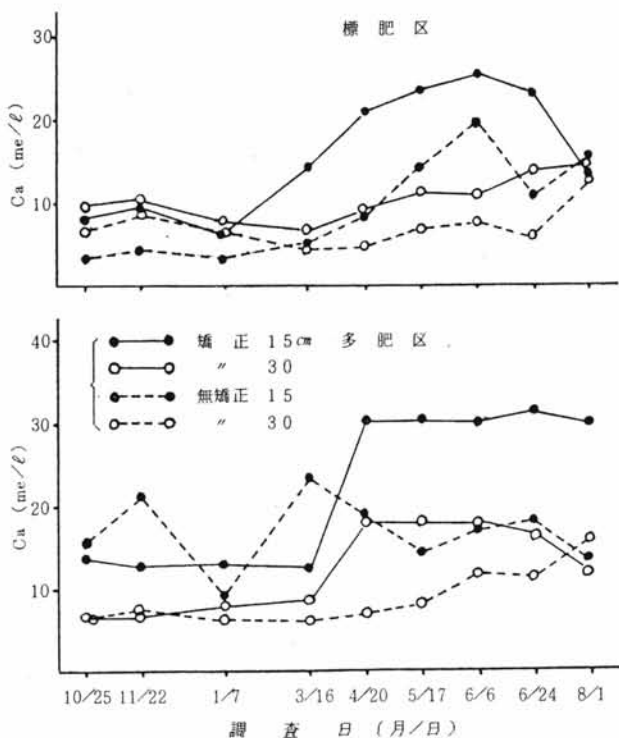
第3図 置換性石灰の推移

で3.5, 30cm深で3.8程度で、また多肥無矯正区では、15cm深で2.7~3.3, 30cm深では3.5程度でそれぞれ推移した。一方、酸性矯正区は、土壌pHがほぼ目標値5.5になったものの、土壌溶液pHへの影響はきわめて小さく、春肥が初まる3月以後矯正区が無矯正区に比べ0.2~0.5高く経過したにすぎなかった。なお、多肥矯正区においては標肥無矯正区より、さらに0.5程度低い強酸性を示した。このように強酸性土壌における溶液pHは、酸性矯正後も極めて低く、また土壌pHに比べその経時的変化も小さかった。

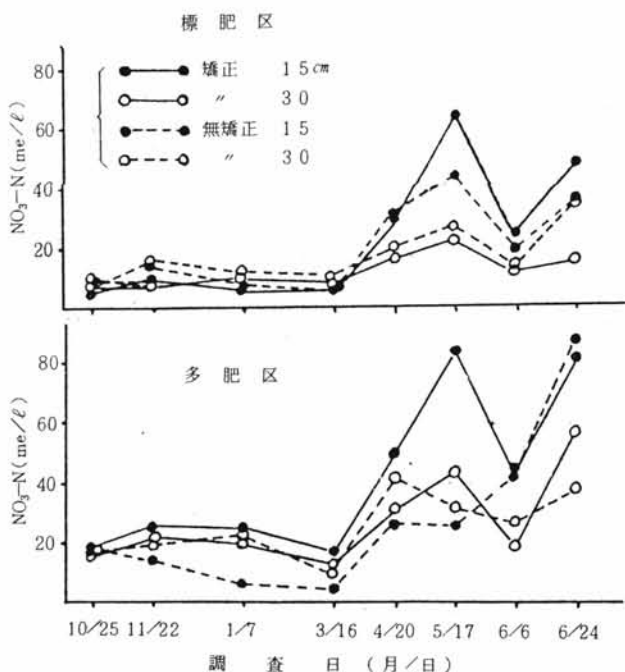
(2) 土壌溶液におけるCa, Mg濃度の推移

Ca濃度の推移は、第5図に見られるように、3月の春肥施用まで各区とも5~15me/lで安定していたが、その後急激に高濃度となり多肥矯正区の15cm深では30me/l, 30cm深でも18me/lに達し、その後はほぼ平行に推移した。しかし無矯正区では、時期による変動が若干認められるが15cm深で10~20me/l, 30cm深では5~10me/lで推移した。また標肥区においても15cm, 30cmとも多肥区とはほぼ同様の傾向を示したが、その濃度は低く変動中も小さかった。

結果は省略したが、Mg濃度はCaと同様の傾向で推移し、春肥後の濃度は多肥矯正区の15cm深で20me/l, 30cm深では10me/lであった。なお無矯正区は5me/lで深さによる差異は認められなかった。一方、標肥区では多肥区のはほぼ1/2濃度で推移したが、矯正、無矯



第5図 土壤溶液におけるCa濃度の推移



第6図 土壤溶液におけるNO₃-N濃度の推移

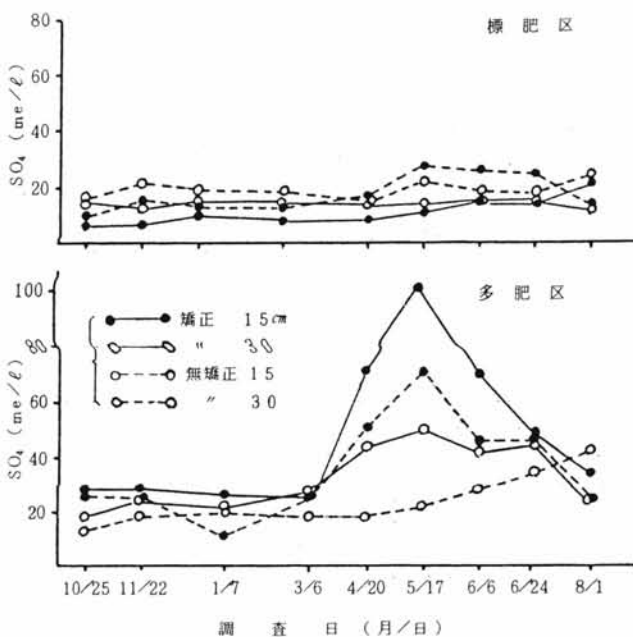
正区の差異は判然としなかった。

(3) 土壤溶液におけるNO₃-N, SO₄濃度の推移

NO₃-NおよびSO₄濃度の推移を第6図および第7図に示した。多肥矯正区15cm深のNO₃-N濃度は、5月中旬まで無矯正区より20~40me/l高く推移し、特に施肥量の多い一番茶摘採期では80me/lと非常に高濃度となった。しかし6月以降は両区とも高濃度となり、両区の濃度差は認められなかった。また30cm深においては、矯

正、無矯正の差が判然としなかった。標肥区でも濃度は低いが、多肥区とはほぼ同様の傾向で推移した。

多肥区におけるSO₄濃度は、NO₃-N濃度と同様の傾向で推移し、硫酸根肥料の多投により矯正区15cm深では5月中旬には100me/lの高濃度を示した。一方、標肥区のSO₄濃度は、年間を通じ10~30me/lではほぼ平均的に推移した。このように多肥矯正区の表層部でNO₃-N, SO₄濃度が極めて高くなる原因は、多量の硫酸根肥料が石灰質肥料の加用により急速に無機化が促進されたためと推察される。



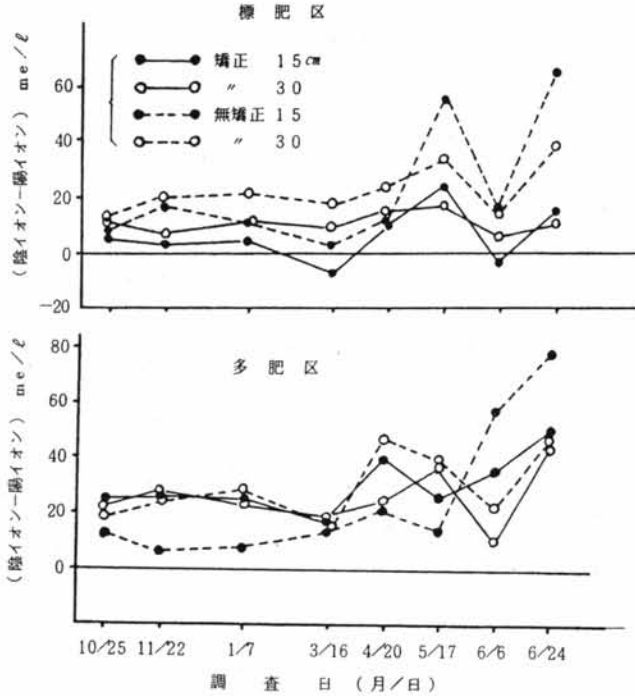
第7図 土壤溶液におけるSO₄濃度の推移

(4) 土壤溶液における(陰イオン-陽イオン)濃度の推移

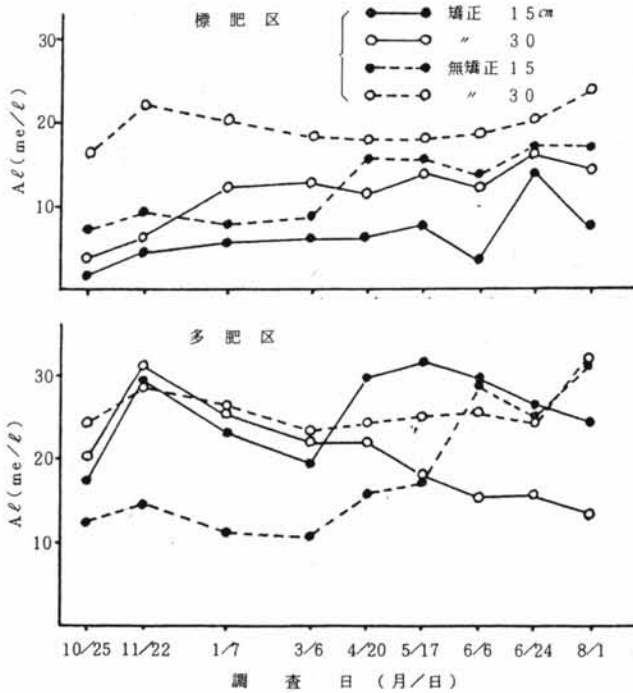
(陰イオン-陽イオン)濃度の推移は、第8図のように溶液pHのそれとよく対応し、pHの高い標肥区では10~30me/l、pHの低い多肥区では20~60me/lの値を示した。無矯正区では標肥、多肥ともその変動巾が大きく、特に4月以降は著しく高かった。一方矯正区では、その変動巾も小さく4月以降もある程度一定しており、無矯正と矯正区の差を一段と大きくした。これは、高濃度のSO₄, NO₃-Nが酸性矯正により一時土壤に吸着置換されたCa, Mgが硫酸等の施用により高濃度に溶出し補償されたためと考えられるが、溶液pHへの影響は0.2~0.5と比較的小さい。

(5) 土壤溶液におけるAl濃度の推移

Al濃度の推移は第9図に示した。標肥区では5~20me/l、pHの低い多肥区では20~30me/lと高濃度で

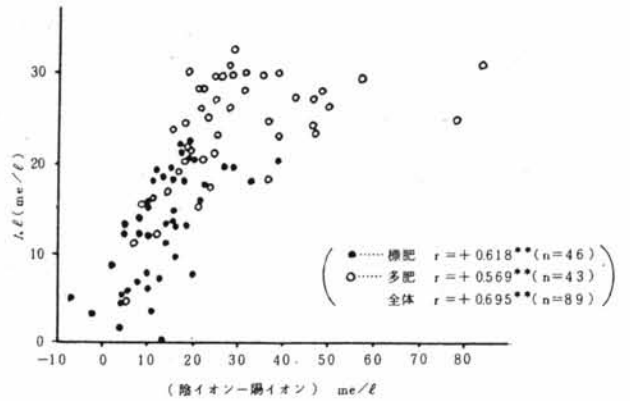


第8図 土壤溶液における(陰イオンNO₃, SO₄, P-陽イオンNH₄, Ca, Mg, K)の推移



第9図 土壤溶液におけるAl濃度の推移

推移した。その推移パターンは、各イオンのそれとは異なり処理による明らかな差異を見るに致らなかった。また陰イオンと陽イオンの濃度差とAl濃度との関係は、第10図に示したようにきわめて高い相関(+0.695**)が認められ、Alによるイオンバランスの補償作用が推察される。茶樹は元来好アルミ性植物といわれているが、強酸性多肥条件下ではあまりにも高濃度で存在しており、なんらかの障害があるものと考えざるを得ない。



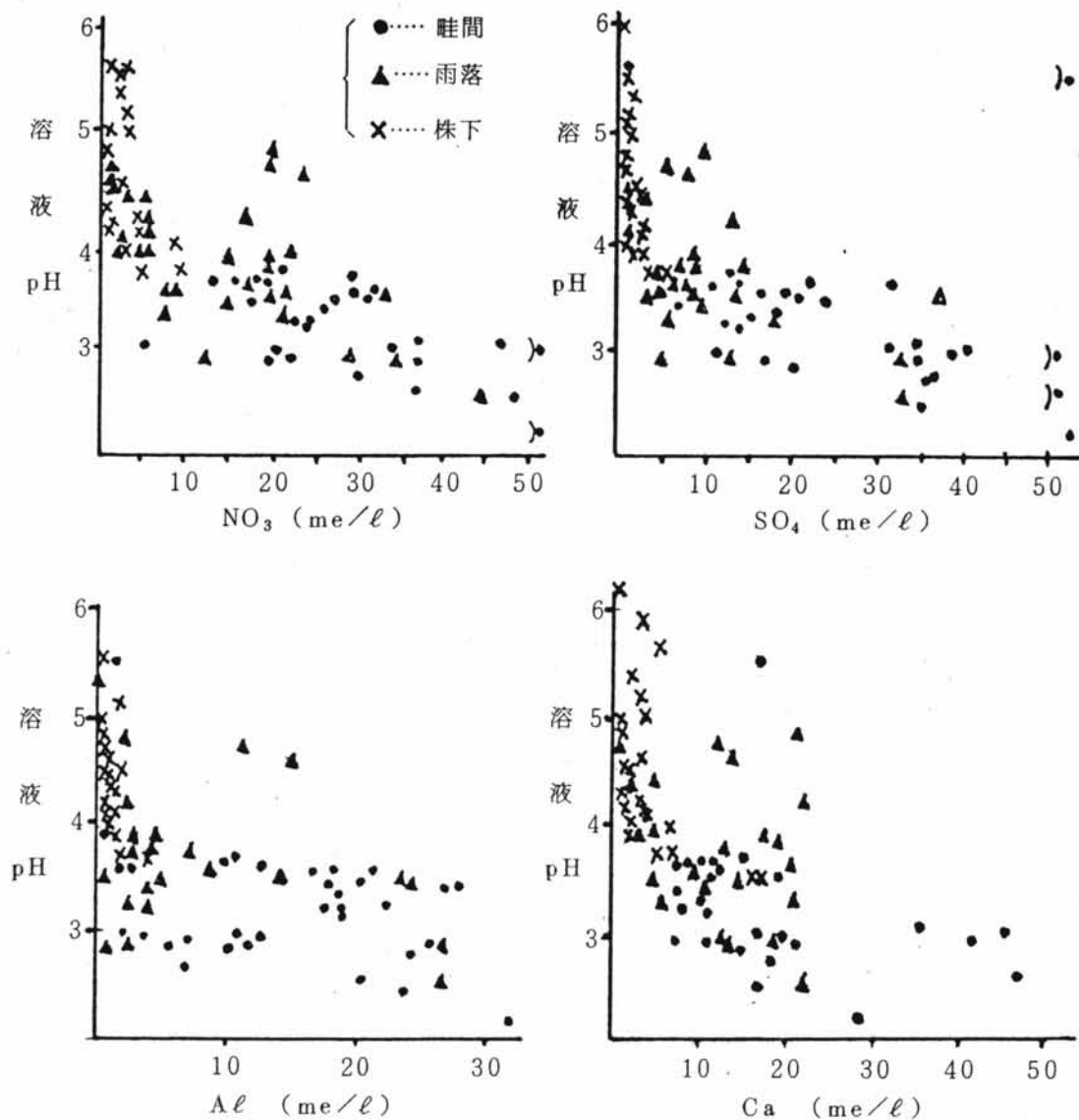
第10図 土壤溶液における(陰イオン-陽イオン)とAlの関係

4. 土壤溶液 pHと溶液成分濃度との関係

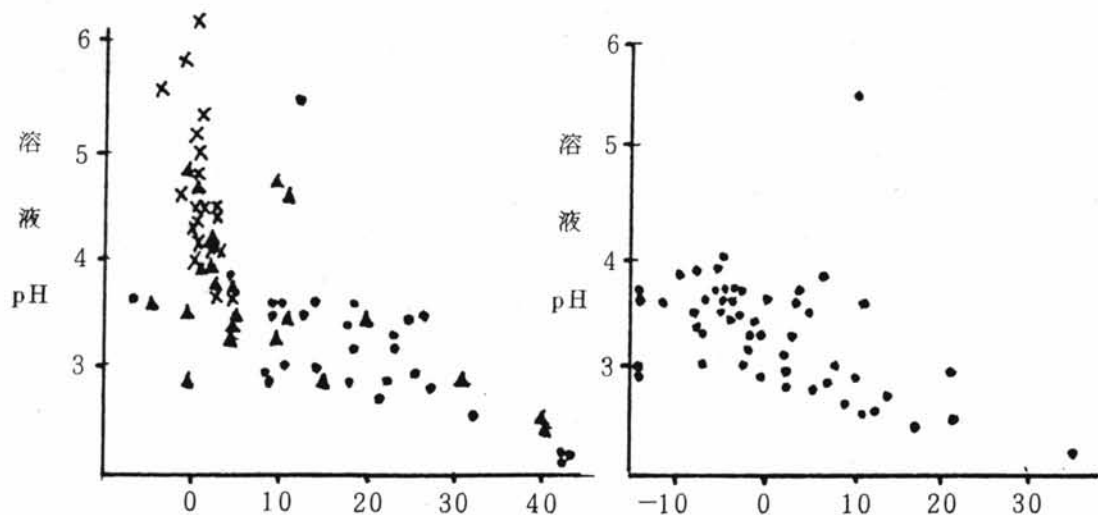
茶園土壤では、pH3程度の強酸性になっていることがしばしばあり、その茶生産への影響が問題とされる。そこで強酸性要因を土壤溶液から検討するため、溶液 pHと成分濃度との関係を第11図に示した。

溶液 pHとNO₃-N濃度との相関は-0.657**と高く、NO₃-N濃度が0~5 me/lでは溶液 pHは4以上、5~25 me/lで4~3、25 me/l以上では3以下となった。SO₄濃度についても同様であり、0~5 me/lで pH 4以上、5~30 me/lで4~3、30 me/l以上で3以下となり、35 me/lをほぼ上限に頭打ちになっている。これは、SO₄濃度が主として難溶性の石膏の溶解度に支配されるためと思われる⁹⁾。Al濃度については、Al濃度が2 me/l以下ではpH4以上の様々な値を示し、2 me/l以上ではpH4以下となったが、Al濃度が高くなるに従ってpHが低くなるという関係は見られなかった。なお、Al濃度は30 me/lまでにはほぼ抱括された。またpHを上昇させるCaもその濃度が高くなるに従ってpHが低下した。

陰イオンと陽イオンの濃度差と溶液 pHとの関係は、第12図に示したように、陰イオンと陽イオンの濃度差が0付近では、pHは4~6を示し、その差が大きくなるに従ってpHは低下した。さらに陰イオンと陽イオンの濃度差からAl濃度を引いた値は、第13図にみられるように溶液 pHと直線関係を示し、その値が+10 me/l以上でpHは3以下になった。以上のように茶園土壤での強酸性は、NH₄-Nの硝酸化成によるNO₃-Nおよび硫酸などに起因するSO₄をはじめとする陰イオンの高濃度によるためと考えられる。そして陰イオンが陽イオンより多くなると、溶液 pHは4以下となり、この差を土壤中のAlイオンが陽イオンとして補償する間はpH3台を維持するが、さらに陰イオンが多くなるとpHは2台となり強酸性を示した。



第11図 溶液成分濃度と溶液 pH との関係



第12図 (陰イオン-陽イオン) 濃度差と溶液 pH

第13図 (陰イオン-陽イオン-Al) 濃度差と溶液 pH

考 察

一般にわが国は湿潤な気象条件下にあるため、畑地から塩基、特にCaが溶脱し土壤が酸性化する傾向にあることはよく知られている。ことに近年のような多肥栽培茶園では、溶脱に加え石灰質資材の補給が伴わないため酸性化の程度・傾向はきわめて著しく⁴⁾⁵⁾、一見優良園とみられる茶園土壤さえpH3.5以下を示すことはめずらしくない。特に施肥部に当る畦間土壤は、株下土壤にくらべpHが低く塩類濃度もきわめて高い。したがって畦間部では、移動性の少ないCaさえも激しく溶脱し、この部位での土壤の化学性が土壤溶液に支配されているものと推察される。そこで強酸性茶園土壤の諸現象を理解するため、現場での土壤溶液による検討を試みた。

前報¹⁾および本報で調査した畦間土壤では、土壤pHと土壤溶液pHとの間には正の相関があり、しかも土壤pHの方が土壤溶液pHより高かった。多量の水で浸出する土壤pHと成分濃度の高い溶液pHでは、pHの内容に相違があることが予想される。

一般にハウス土壤では、土壤pHのいかにかわらず、根の接している土壤溶液のpHは中性付近にあると考えられている⁶⁾。すなわち土壤溶液中で生成された硝酸は、 H^+ および NO_3^- に解離し、このうち H^+ は濃度の上昇とともにすみやかに土壤の置換性Ca、Mgと置換し、ここに置換浸出したCaは、土壤溶液中で NO_3^- と当量的に溶存することによって土壤溶液は中性に保たれているという。一方、岡島⁷⁾は土壤に炭酸塩などのpH緩衝物質が多量に存在する場合をのぞいて、塩類濃度の上昇によって、土壤溶液に浸出されたAl化合物が加水分解され、 H^+ を放出するため、ハウス土壤などの塩類が蓄積した場合には、土壤溶液pHも低下すると述べている。

強酸性茶園土壤に石灰質資材を施用し酸性矯正を試みたが、土壤pHはほぼ目標値に修正されたにもかかわらず、生育および吸収と関係の深い土壤溶液pHは、その影響がきわめて小さく、春肥以降無矯正区にくらべ0.2~0.5高く経過したにすぎなかった。矯正後春肥前まで土壤溶液pHにその効果が見られなかったのは、赤黄色土では添加石灰が水溶性として溶出する割合が黒ボクなどにくらべ比較的⁸⁾低く、しかも茶園土壤は塩基飽和度が20~30%程度と低いため、置換性石灰としてそのほとんどが土壤に吸着されるためと推察される。また嶋田⁶⁾は、 SO_4 が多量に土壤中に残存する場合は、土壤の置換性石灰量のいかによって土壤溶液の反応の低下に関係し、さらに雨水などによって溶脱される場合でも、その溶脱はきわめて徐々であると述べている。したがって多量の硫酸根肥料連用の影響は、土壤中に長く SO_4 が残存

するため、土壤溶液の反応を低下させるとも考えられる。

一方、春先からの硫安など窒素質肥料の施用により、溶液中の NO_3^-N 、 SO_4 が急速に増すとともに土壤吸着Ca、Mgが著しく溶出されるが、溶液pHへの影響はきわめて小さい。溶出されたCa、Mgは NO_3^- とすみやかに溶解度の高い $Ca(NO_3)_2$ 様中性塩を生成させるが、 SO_4 は一定量以上になると溶解度に限界があり、 SO_4 の増加にCaの溶出がともなわず、その結果、土壤溶液pHは3~4台と低くおさまったものと推察される。また、長年集積された有機物などの窒素源が石灰施用により、無機化が促進されたことも矯正、無矯正の差を小さくした一因と考えられる。

なお、土壤溶液中にAl濃度が高く酸性因子として考えられるが、pH4以下ではAl濃度とpHが対応しない。岡島⁹⁾は茶園土壤溶液中のアルミニウム・イオン種をADAMSの計算法で算出しpH3台では、主として Al^{3+} 、 $AlSO_4^+$ として存在しており、加水分解で生ずる $AlOH^{2+}$ などは皆無に近く、強酸性因子として遊離の酸があげられると述べている。本調査園においては、陰イオンと陽イオンの濃度差とAl濃度との間に高い相関が認められ、Alによるイオンバランスの補償作用が推察された。

以上のように昨今の多肥栽培下にある茶園土壤の化学性は全く異常な様相を呈していることが明らかとなった。しかも、それは施肥法や施肥量によっても内容が大きくかわってくることはいうまでもない。いずれにせよ茶園土壤の強酸性は、塩基類の急激な溶脱ならびに水溶性の陰イオン、特に硫酸根の過剰であり、しかも SO_4 は土壤に長くとどまるため土壤改良に当っては、その方法を今後十分検討しなければならない。

摘 要

多肥栽培下における強酸性茶園土壤の酸性矯正を試み、施肥成分濃度の動態と酸性要因について土壤溶液から検討した。

1. 園内の各部所および層位別の土壤溶液濃度は、極めてヘテロ性が強く、畦間、雨落部では陽イオンに対し陰イオンが多く、特に SO_4 が高濃度に存在していた。
2. 土壤のpHは、石灰施用により矯正されたが、多肥によりその溶脱も急激であった。一方土壤溶液pHは、若干矯正されるのみで、石灰添加よりむしろ施肥量の影響が強く、多肥矯正区では少肥無矯正区より低いpHで3.0程度であった。
3. 硫安など窒素質肥料の施用により溶液中の NO_3^- 、 SO_4 が増加するとともに土壤に吸着置換されたCa、Mgが著しく溶出されるが溶液pHへの影響はきわめて小

さかった。

4. 陰イオンと陽イオンの濃度差と溶液 pH の推移はよく対応し、pH の高い標肥区は10~30 me/l, pH の低い多肥区では20~60 me/l の値を示した。

5. 茶園土壤での強酸性は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ の硝酸化成による NO_3 と硫酸根肥料による SO_4 , その他の陰イオンの高濃度によるもので、陰イオンが陽イオンより多くなると pH は4以下となった。この差を土壤よりの Al イオンが陽イオンとして補償する間は pH は3台を示すが、さらに陰イオンが多くなると pH は2台の強酸性を示した。

謝辞 本研究にあたり土壤溶液採取装置の作製はじめ、いろいろ御教示いただいた野菜試(現農研センター)伊藤純雄氏、そして長年の貴重な施肥量試験圃場を快く貸与くださり、多大のご協力を戴いた南勢茶試験地および庄山場長をはじめとする職員各位に対し、つつしんで感謝の意を表します。

引用および参考文献

1) 吉川重彦・橋 尚明・松田兼三(1985):北勢地

域における多肥栽培茶園の土壤溶液法による実態解析. 三農技研報. 13, 65~76

2) 伊藤純雄(1984):土壤溶液に基づく施設内土壤診断と管理①, 農及園, 59, 965~968

3) 伊藤純雄(1984):土壤溶液に基づく施設内土壤診断と管理②, 農及園, 59, 1081~1088

4) 河合惣吾・池ヶ谷賢次郎(1961):茶園土壤における可給養分の消長について, 茶研報. 18, 63~67

5) 小菅伸郎(1982):茶園土壤のPHをめぐる諸問題, 茶技研. 62, 1~7

6) 嶋田永生(1967):集約多肥栽培土壤の酸性に関する土壤溶液論的研究, 愛知園試研報. 6, 67~114

7) 岡島秀夫・今井弘樹・神田雅之(1981):土地利用を異にする土壤溶液イオン組成に関する比較研究, 第1報, ハウス土壤について, 北大邦文紀. 12, 200~210

8) 河合惣吾・池ヶ谷賢次郎(1963):茶園土壤における石灰の溶脱について, 茶研報. 20, 23~28

9) 岡島秀夫(1981):日本土壤肥料学会編:土壤の吸着現象, 85~128, 博友社