茶樹による肥料随伴イオンの吸収について (第1報)*

塩安, 硫安施肥に伴う塩素, イオウの吸収

ならびに茶葉の無機成分含量に及ぼす影響

(ポット試験)

農林省茶業試験場 河 合 惣 吾・池ヶ谷賢次郎

On the Absorption of Companion Ion of Manure
by the Tea Plant (Part 1)The Absorption of Chlorine and Sulfur by the Tea Plant with
Dress Ammonium Chloride and Aommnium Sulfide and the
Effects of Chloride and Sulfide on the Mineral Contents of
the Tea Leaves (On the Pot Experiment)

By Sôgo KAWAI and Kenjirô IKEGAYA

1 ま え が き

作物に対して必要要素を供給するため施肥する場合、特に化学肥料においてはその目的とする要素より随伴成分のほうが必然的に多量に含まれている場合が多い。このことについては案外忘れられがちであるが、これら肥料随伴イオンが作物の生育およびその栄養生理面に多大な影響を及ぼし、また、土壤の化学的性質にもかなりの影響を及ぼしていることは明らかである。

一般作物についてはこの種の研究がかなり行なわれているが、茶樹についての研究はあまりみられない。茶樹に対しては特に窒素質肥料が多量に施肥されており、そ

の随伴イオンの影響がわずかではあるが現地でみられたので、これが研究の必要性を痛感し、本試験に着手した。なお、本報はポット試験の結果であるが、現在、ほ場試験も実施中である。

2 塩安の過剰障害

2.1 試験方法

牧之原洪積台地の赤黄色土を用いて、1/2000 a ワグネルポットに品種やぶきたの3年生苗を植え、まず、窒素の供給を停止して窒素欠乏状態にした。なお、供試土壤の一般化学的性質は表1に示すごとくである。

表 1 供試土壤の一般化学的性質

pH		置換酸度 γ_1	全 窒 素 %	全 炭 素 %	置換容量 me	置 換 性			リ ン 酸 吸収係数
H ₂ O	KCl					石 灰	カ リ	苦 土	
4.50	3.65	20.8	0.23	3.39	27.74	0.56	0.30	tr.	1245

これらの茶樹に窒素源として昭和35年から塩安、硫安をそれぞれ1ポット当たり1, 2, 4 g施肥した。なお、塩安の随伴イオンである塩素が吸収され、一般に塩害(茶樹では外部から良く判別できる)といわれる症状が現われる施肥量および葉の塩素含量を知るために硫安と対比して試験を行なった。

リン酸とカリは各区とも過リン酸石灰、硫酸カリを用

い、 P_2O_5 , K_2O としてそれぞれ1 gずつ施肥した。施肥量および施肥月日は表2に示すごとくである。なお、この試験は1区2連で行なった。かくして、8月11日、各区の新葉、古葉を採取し乾燥粉碎して分析に供した。なお、塩安区は塩安過剰障害を受けた古葉を別に採取し分析試料とした。

塩素の定量は Volhard 法、イオウの定量は硝酸マグネ

* 茶業技術研究 No. 28, 42~49 (1963) より転載

シウム法により，他の成分は常法に従った。

表 2 施 肥 設 計

試験区	施肥月日	1ポット当たり窒素施肥量(g)		
		5月9日	7月30日	合 計
塩 安 1 g 区		1 ^g	1 ^g	2 ^g
塩 安 2 g 区		2	2	4
塩 安 4 g 区		4	4	8
硫 安 1 g 区		1	1	2
硫 安 2 g 区		2	2	4
硫 安 4 g 区		4	4	8

2. 2 試験結果および考察

5月9日に塩安，硫安を表2に示すごとく施肥し，7月下旬まで栽培したところ，各区とも窒素の欠乏状態は回復したが，4g施肥区でも塩素の過剰障害らしいものはみられなかった。7月30日に2回目の施肥を行なったところ，塩安4g施肥区は，8月1日明らかに障害が現われ，葉が褐変落葉した。8月10日における状態を示すと写真1，2のごとくである。障害の現われ方は古葉がさきに褐変し，漸次若い葉が褐変する。まず，葉脈が障害を受け，葉身がしおれ始め，葉の先端から葉辺がさきに褐変する。褐変しても普通の枯葉と異なりいつまでもやわらかい状態である。

写真1 塩安区 (35年8月10日) の生育状態

写真2 硫安区 (35年8月10日) の生育状態

表 3 塩安，硫安の施肥量を変化した場合の新葉，古葉の無機成分含量

区	施肥量*		葉 の 種 類	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	MnO	Cl	SO ₃
	5/9	7/30									
塩 安 区	1	1	新 芽	4.07 [%]	1.19 [%]	2.70 [%]	0.91 [%]	0.15 [%]	0.05 [%]	0.687 [%]	— [%]
			正 常 古 葉	2.97	0.61	2.13	1.42	0.14	0.19	0.860	—
			被 害 古 葉	2.88	0.61	1.95	1.42	0.14	0.19	0.860	—
	2	2	新 芽	4.98	1.54	3.27	0.59	0.14	0.06	0.687	—
			正 常 古 葉	3.34	0.56	2.52	0.94	0.08	0.18	1.146	—
			被 害 古 葉	3.31	0.56	2.16	1.12	0.11	0.18	1.260	—
	4	4	全 葉	3.42	0.70	2.03	0.83	0.16	0.18	1.578	—
	1	1	新 芽	4.05	1.23	2.60	0.88	0.13	0.08	—	0.412
			古 葉	3.48	0.72	1.74	1.00	0.09	0.16	—	0.343
硫 安 区	2	2	新 芽	4.81	1.59	2.79	0.44	0.10	0.09	—	0.412
			古 葉	3.62	0.76	1.58	1.12	0.10	0.19	—	0.343
	4	4	新 芽	5.57	1.66	2.55	0.38	0.07	0.07	—	0.446
			古 葉	3.68	0.66	1.38	0.88	0.08	0.15	—	0.377

注：* 1ポット当たり窒素施肥量。

塩安 1, 2 g 区および硫安区は各区とも異状なく、硫安区の葉は塩安区の葉に比して濃緑色を呈した。

各区の新葉、古葉の無機成分含量を調べた結果は表 3 に示すごとくである。

なお、塩安 4 g 施肥区は塩素過剰障害により落葉が多かったので、残存した葉を混合して分析試料とした。

窒素含量は塩安、硫安区とも施肥量の増加に伴って高くなり、塩安、硫安区間に大差はなかった。

新葉のリン酸、カリ含量は両区とも窒素施肥量の増加によりやや多くなる傾向を示した。しかし、硫安 4 g 施肥区はカリ含量がやや少なくなった。石灰含量は両区とも窒素施肥量の増加に伴って少なくなる傾向を示した。

塩素およびイオウが他の無機成分含量に及ぼす影響は明りょうではなかった。

塩素およびイオウ含量についてみると、塩素は塩安施肥量を増加すると古葉の塩素含量が明らかに多くなったが、イオウは硫安の施肥量を増加してもあまり多くならないことが認められ、これは下瀬¹⁾の結果と同様であった。

塩安 1 g 施肥区²⁾の古葉の塩素含量は障害が現われたものと正常なものと同じであるが、このように、ちょっとしたなんらかの作用で障害が出たり出なかったりするが、これは、ちょうど塩素過剰障害の現われる限界濃度と思われる。塩安施肥量を増すと古葉の塩素含量は多くなり、4 g 施肥区では 1.5% 以上になった。2 g 施肥区²⁾の古葉では 0.86% 以上の含量になっても障害が現われな²⁾いものもあった。したがって、0.86~1% 前後が障害の現われる限界と思われる。塩素含量が新葉より古葉のほうが多くなることは三井、熊沢、前沢、太田らのエンドウにおける試験結果と同様であった。そしてイオウは塩素と異なり、新葉に多く吸収され、しかも、施肥量が多くなっても、それほど多く吸収されるものでないことが認められ、これもエンドウにおける結果と同様である。

ポット試験跡地土壌の反応および水溶性塩素、イオウ含量を調べた結果は表 4 に示すごとくである。

塩安区、硫安区ともに施肥量の増加に伴って pH は低下し、 y_1 は大きくなった。

水溶性塩素、イオウは施肥量の増加とともに多くなり、下層に多く移行していた。イオウは塩素より水溶性として残存する量が少なかった。

ポット試験の場合はこのように、水溶性の塩素やイオウが流亡することなくポット内に残存するので、ほ場に

表 4 跡地土壌の反応および水溶性塩素とイオウ

処理区名	層 位	pH		置換酸度 y_1	水溶性	水溶性
		H ₂ O	KCl		Cl	SO ₃
塩安 1 g	表層	4.35	3.70	17.8	mg% 143.4	mg% —
	下層	5.00	4.35	4.3	157.8	—
塩安 2 g	表層	4.10	3.70	17.8	258.2	—
	下層	3.90	3.90	18.2	329.9	—
塩安 4 g	表層	3.95	3.70	27.5	430.3	—
	下層	4.00	3.80	25.0	717.1	—
硫安 1 g	表層	4.10	3.70	18.2	—	30.9
	下層	4.55	4.05	17.8	—	72.0
硫安 2 g	表層	3.80	3.60	21.0	—	36.0
	下層	4.65	4.10	13.4	—	72.0
硫安 4 g	表層	3.80	3.50	27.0	—	41.2
	下層	4.00	3.70	19.9	—	78.9

おける場合に比して茶樹によく吸収され、特に塩素は多く吸収されたものと思われる。

3 塩安、硫安施肥に伴う塩素、イオウの吸収ならびに茶葉の無機成分含量に及ぼす影響

前記試験において、塩安を多量に施肥すると、随伴イオンである塩素が多量に吸収され、塩素過剰障害を起こすことを確認した。また、一方、硫安を多量に施肥してもイオウは塩素のように多量に吸収されることがなく、障害の現われにくいことを認めたので、塩安、硫安施肥に伴う塩素、イオウなどの陰イオン吸収により、他の無機成分含量にどのような影響を及ぼすか、また、新葉部の酸化酵素系にどのような影響を及ぼすかを検討した。

3.1 試験方法

牧之原台地の赤黄色土を供試し、ポット試験を行なった。供試土壌の一般化学的性質は表 5 に示すごとくである。

すなわち、この供試土壌の未風乾土を（乾土として 2.74 kg）1/5000 a, ワグネルポットに詰め、石灰飽和度が 25%, カリ、苦土飽和度が 5% になるように、それぞれ計算量の炭酸カルシウム、炭酸カリウム、炭酸マグネ

表 5 供試土壌の一般化学的性質

pH		置換酸度 y_1	全窒素	全炭素	C/N	腐植	リン酸 吸収係数	有効態 リン酸	置換容量	置 換 性		
H ₂ O	KCl									石 灰	カ リ	苦 土
4.8	4.2	19.0	0.07%	1.07%	15.3	1.84%	1625	mg% tr.	me 13.3	me 0.61	me tr.	me tr.

シウムを、また、リン酸は1ポット当たり P_2O_5 として 0.5g 相当量のリン酸一石灰を各ポットの土壌全層によく混合施肥した。なお、これらは塩安、硫安以外に塩素、イオウを施肥しないよう考慮して、炭酸塩、リン酸一石灰を用いた。土壌水分を最大容水量の60%に調節して2週間放置後、36年4月22日育成系統Y2の3年生苗を移植し、せん枝し、活着後(5月11日)表6に示す設計により塩安、硫安、尿素を水溶液として上層半分に施肥した。なお、試験は1区4連で行なった。栽培期間を通じて、各ポットの水分含量は最大容水量の60%になるように調節した。

表 6 施 肥 設 計

試 験 区	1ポット当たり窒素施肥量(g)
塩 安 0.5g区	0.5
" 1g区	1.0
硫 安 0.5g区	0.5
" 1g区	1.0
塩安、硫安 混合 0.5g区	0.5(塩安-N0.25g+硫安-N0.25g)
" 1g区	1.0(" " 0.5g+" " 0.5g)
尿 素 0.5g区	0.5
" 1g区	1.0

活着後出てくる新芽の数は自然のままとし、かくして7月7日試料を採取し、新葉、成葉に分別し、乾燥粉碎して分析に供した。

分析方法は、N、P、K、Ca、Mg、Mn は常法により、Al はアルミノン法、Cl は Volhard 法、 SO_3 は硝酸マグネシウム法により定量した。また、試料採取時に窒素施肥量1g区の一心四葉を取りアセトン中で氷冷摩砕し、アセトン洗浄後、真空乾燥により粉末とし、これを粗酵素試料として、ワールブルグ検圧計でポリフェノールオキシダーゼ、カタラーゼ、パーオキシダーゼ力価を測定した。

3. 2 試験結果および考察

3. 2. 1 生育に及ぼす影響

生育状態は6月中旬まで各区とも順調であるが、塩安1g区に写真3に示すような障害が現われた。すなわち、他の区より黄色みを帯び葉がやや萎凋し、裏側に湾曲してきた。

7月6日における各区の生育状態は写真4、5に示すごとくである。

すなわち、窒素0.5g区には肉眼的には塩安区に障害らしいものはみられず、やや生育が劣った程度である。窒素-1g区においては塩安区に写真3に示したような症状がみられ、6月中旬から同程度の状態で生育した。他の区はいずれも生育良好であったが、葉の色は硫安区が最も濃い緑色であった。

写真3 塩安1g区の障害状態

写真4 窒素-0.5g区(37年7月6日)の生育状態

写真5 窒素-1.0g区(36年7月6日)の生育状態

7月7日に新しく出た枝を全部摘採し、新葉、成葉部の試料を採取し、分析試料とした。その後追肥することなく、栽培を続けた。かくして8月8日における生育状態は写真6、7のごとくである。

写真6 窒素-0.5g区 (36年8月8日)
の生育状態

写真7 窒素-1.0g区 (36年8月8日)
の生育状態

写真8 塩素過剰障害 (葉焼けの症状)

7月7日から8月8日までの間に塩安0.5, 1g区に写真8に示すような葉焼けがみられ、窒素-0.5g区は、生育が劣り、成葉、古葉の一部が落葉した。しかし、8月下旬においても枯死することなく障害も進行せず生育を続けた。塩安1g区は落葉枯死した。塩安と硫安を窒素成分で1:1に混合施肥した場合は窒素-0.5, 1gの両区とも良好な生育が続けたが、成葉の一部に葉焼けがみられ、これらの葉は落葉した。しかし、これら混合区でも8月下旬にいたり障害の著しいものがみられた。

以上のことから、全く溶脱の行なわれないポット試験

のような場合には、標準施肥量でもそれに伴い随伴イオンが多量に吸収され、塩素の過剰障害が発生するといえよう。これは、2.2においても述べたように、塩素はイオウに比してよく吸収され、古葉により多く集積するためであると思われる。

塩安と硫安を混合施肥した場合、窒素-0.5g区においても古葉の一部に葉焼けがみられたのは、Ian R. MACDONALD, G. G. LATIES³⁾らのパレイシヨ切片による陰イオン吸収についての試験においてみられたごとく、イオウは塩素の吸収をやや促進するようである。そして彼らの試験では硝酸が塩素の吸収を抑制することが認められている。したがって、今後この面についてさらに検討するつもりである。

3. 2. 2 新葉、成葉の無機成分含量に及ぼす影響 〔塩素およびイオウ〕

まず、塩素含量についてみると図1に示すごとくである。

図1 新葉、成葉の塩素含量

注: Cl-0.5; 塩安-窒素0.5g区 Cl+S-0.5; 塩安-窒素0.2+硫安-窒素0.25g区

すなわち、さきの試験結果と同様に新葉より古葉のほうが塩素含量が多く、施肥量の多い場合に、より多く吸収されていることがみられる。

塩安、硫安混合1g区の塩素施肥量は塩安0.5g区と同量であるが、新葉部ではむしろ塩安0.5g区より多い塩素含量を示し、成葉も塩安0.5g区とほとんど同じであった。しかも、この含量はさきの試験で述べたように塩素過剰障害の発現する限界濃度に達しているため、葉焼けがみられたわけである。Ian R. MACDONALD, G. G. LATIES³⁾らの結果のように、イオウが塩素の吸収を促進したということはいえないが、塩安、硫安混合1g区の新葉の塩素含量が、塩安0.5g区より多くなっているのは多少かかる傾向によるものと思われる。イオウの含量は図2に示すように、いずれの区も新葉に多く含まれている。また、硫安の施肥量を増加しても塩素と異なり、イオウの含量はそれほど多くならなかった。これはさきの試験結果と同様である。

図 2 新葉、成葉のイオウ含量

注: S-0.5: 硫安-窒素0.5g区

Cl+S-0.5: { 塩安-窒素0.25g +
硫安-窒素0.25g区

このように塩素とイオウの茶樹による吸収は全く異な⁴⁾った性質を示している。イオウは著者らの⁴⁾²⁾³⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾²⁴⁾²⁵⁾²⁶⁾²⁷⁾²⁸⁾²⁹⁾³⁰⁾³¹⁾³²⁾³³⁾³⁴⁾³⁵⁾³⁶⁾³⁷⁾³⁸⁾³⁹⁾⁴⁰⁾⁴¹⁾⁴²⁾⁴³⁾⁴⁴⁾⁴⁵⁾⁴⁶⁾⁴⁷⁾⁴⁸⁾⁴⁹⁾⁵⁰⁾⁵¹⁾⁵²⁾⁵³⁾⁵⁴⁾⁵⁵⁾⁵⁶⁾⁵⁷⁾⁵⁸⁾⁵⁹⁾⁶⁰⁾⁶¹⁾⁶²⁾⁶³⁾⁶⁴⁾⁶⁵⁾⁶⁶⁾⁶⁷⁾⁶⁸⁾⁶⁹⁾⁷⁰⁾⁷¹⁾⁷²⁾⁷³⁾⁷⁴⁾⁷⁵⁾⁷⁶⁾⁷⁷⁾⁷⁸⁾⁷⁹⁾⁸⁰⁾⁸¹⁾⁸²⁾⁸³⁾⁸⁴⁾⁸⁵⁾⁸⁶⁾⁸⁷⁾⁸⁸⁾⁸⁹⁾⁹⁰⁾⁹¹⁾⁹²⁾⁹³⁾⁹⁴⁾⁹⁵⁾⁹⁶⁾⁹⁷⁾⁹⁸⁾⁹⁹⁾¹⁰⁰⁾の¹⁰¹⁾¹⁰²⁾¹⁰³⁾¹⁰⁴⁾¹⁰⁵⁾¹⁰⁶⁾¹⁰⁷⁾¹⁰⁸⁾¹⁰⁹⁾¹¹⁰⁾¹¹¹⁾¹¹²⁾¹¹³⁾¹¹⁴⁾¹¹⁵⁾¹¹⁶⁾¹¹⁷⁾¹¹⁸⁾¹¹⁹⁾¹²⁰⁾¹²¹⁾¹²²⁾¹²³⁾¹²⁴⁾¹²⁵⁾¹²⁶⁾¹²⁷⁾¹²⁸⁾¹²⁹⁾¹³⁰⁾¹³¹⁾¹³²⁾¹³³⁾¹³⁴⁾¹³⁵⁾¹³⁶⁾¹³⁷⁾¹³⁸⁾¹³⁹⁾¹⁴⁰⁾¹⁴¹⁾¹⁴²⁾¹⁴³⁾¹⁴⁴⁾¹⁴⁵⁾¹⁴⁶⁾¹⁴⁷⁾¹⁴⁸⁾¹⁴⁹⁾¹⁵⁰⁾¹⁵¹⁾¹⁵²⁾¹⁵³⁾¹⁵⁴⁾¹⁵⁵⁾¹⁵⁶⁾¹⁵⁷⁾¹⁵⁸⁾¹⁵⁹⁾¹⁶⁰⁾¹⁶¹⁾¹⁶²⁾¹⁶³⁾¹⁶⁴⁾¹⁶⁵⁾¹⁶⁶⁾¹⁶⁷⁾¹⁶⁸⁾¹⁶⁹⁾¹⁷⁰⁾¹⁷¹⁾¹⁷²⁾¹⁷³⁾¹⁷⁴⁾¹⁷⁵⁾¹⁷⁶⁾¹⁷⁷⁾¹⁷⁸⁾¹⁷⁹⁾¹⁸⁰⁾¹⁸¹⁾¹⁸²⁾¹⁸³⁾¹⁸⁴⁾¹⁸⁵⁾¹⁸⁶⁾¹⁸⁷⁾¹⁸⁸⁾¹⁸⁹⁾¹⁹⁰⁾¹⁹¹⁾¹⁹²⁾¹⁹³⁾¹⁹⁴⁾¹⁹⁵⁾¹⁹⁶⁾¹⁹⁷⁾¹⁹⁸⁾¹⁹⁹⁾²⁰⁰⁾の²⁰¹⁾²⁰²⁾²⁰³⁾²⁰⁴⁾²⁰⁵⁾²⁰⁶⁾²⁰⁷⁾²⁰⁸⁾²⁰⁹⁾²¹⁰⁾²¹¹⁾²¹²⁾²¹³⁾²¹⁴⁾²¹⁵⁾²¹⁶⁾²¹⁷⁾²¹⁸⁾²¹⁹⁾²²⁰⁾²²¹⁾²²²⁾²²³⁾²²⁴⁾²²⁵⁾²²⁶⁾²²⁷⁾²²⁸⁾²²⁹⁾²³⁰⁾²³¹⁾²³²⁾²³³⁾²³⁴⁾²³⁵⁾²³⁶⁾²³⁷⁾²³⁸⁾²³⁹⁾²⁴⁰⁾²⁴¹⁾²⁴²⁾²⁴³⁾²⁴⁴⁾²⁴⁵⁾²⁴⁶⁾²⁴⁷⁾²⁴⁸⁾²⁴⁹⁾²⁵⁰⁾²⁵¹⁾²⁵²⁾²⁵³⁾²⁵⁴⁾²⁵⁵⁾²⁵⁶⁾²⁵⁷⁾²⁵⁸⁾²⁵⁹⁾²⁶⁰⁾²⁶¹⁾²⁶²⁾²⁶³⁾²⁶⁴⁾²⁶⁵⁾²⁶⁶⁾²⁶⁷⁾²⁶⁸⁾²⁶⁹⁾²⁷⁰⁾²⁷¹⁾²⁷²⁾²⁷³⁾²⁷⁴⁾²⁷⁵⁾²⁷⁶⁾²⁷⁷⁾²⁷⁸⁾²⁷⁹⁾²⁸⁰⁾²⁸¹⁾²⁸²⁾²⁸³⁾²⁸⁴⁾²⁸⁵⁾²⁸⁶⁾²⁸⁷⁾²⁸⁸⁾²⁸⁹⁾²⁹⁰⁾²⁹¹⁾²⁹²⁾²⁹³⁾²⁹⁴⁾²⁹⁵⁾²⁹⁶⁾²⁹⁷⁾²⁹⁸⁾²⁹⁹⁾³⁰⁰⁾の³⁰¹⁾³⁰²⁾³⁰³⁾³⁰⁴⁾³⁰⁵⁾³⁰⁶⁾³⁰⁷⁾³⁰⁸⁾³⁰⁹⁾³¹⁰⁾³¹¹⁾³¹²⁾³¹³⁾³¹⁴⁾³¹⁵⁾³¹⁶⁾³¹⁷⁾³¹⁸⁾³¹⁹⁾³²⁰⁾³²¹⁾³²²⁾³²³⁾³²⁴⁾³²⁵⁾³²⁶⁾³²⁷⁾³²⁸⁾³²⁹⁾³³⁰⁾³³¹⁾³³²⁾³³³⁾³³⁴⁾³³⁵⁾³³⁶⁾³³⁷⁾³³⁸⁾³³⁹⁾³⁴⁰⁾³⁴¹⁾³⁴²⁾³⁴³⁾³⁴⁴⁾³⁴⁵⁾³⁴⁶⁾³⁴⁷⁾³⁴⁸⁾³⁴⁹⁾³⁵⁰⁾³⁵¹⁾³⁵²⁾³⁵³⁾³⁵⁴⁾³⁵⁵⁾³⁵⁶⁾³⁵⁷⁾³⁵⁸⁾³⁵⁹⁾³⁶⁰⁾³⁶¹⁾³⁶²⁾³⁶³⁾³⁶⁴⁾³⁶⁵⁾³⁶⁶⁾³⁶⁷⁾³⁶⁸⁾³⁶⁹⁾³⁷⁰⁾³⁷¹⁾³⁷²⁾³⁷³⁾³⁷⁴⁾³⁷⁵⁾³⁷⁶⁾³⁷⁷⁾³⁷⁸⁾³⁷⁹⁾³⁸⁰⁾³⁸¹⁾³⁸²⁾³⁸³⁾³⁸⁴⁾³⁸⁵⁾³⁸⁶⁾³⁸⁷⁾³⁸⁸⁾³⁸⁹⁾³⁹⁰⁾³⁹¹⁾³⁹²⁾³⁹³⁾³⁹⁴⁾³⁹⁵⁾³⁹⁶⁾³⁹⁷⁾³⁹⁸⁾³⁹⁹⁾⁴⁰⁰⁾の⁴⁰¹⁾⁴⁰²⁾⁴⁰³⁾⁴⁰⁴⁾⁴⁰⁵⁾⁴⁰⁶⁾⁴⁰⁷⁾⁴⁰⁸⁾⁴⁰⁹⁾⁴¹⁰⁾⁴¹¹⁾⁴¹²⁾⁴¹³⁾⁴¹⁴⁾⁴¹⁵⁾⁴¹⁶⁾⁴¹⁷⁾⁴¹⁸⁾⁴¹⁹⁾⁴²⁰⁾⁴²¹⁾⁴²²⁾⁴²³⁾⁴²⁴⁾⁴²⁵⁾⁴²⁶⁾⁴²⁷⁾⁴²⁸⁾⁴²⁹⁾⁴³⁰⁾⁴³¹⁾⁴³²⁾⁴³³⁾⁴³⁴⁾⁴³⁵⁾⁴³⁶⁾⁴³⁷⁾⁴³⁸⁾⁴³⁹⁾⁴⁴⁰⁾⁴⁴¹⁾⁴⁴²⁾⁴⁴³⁾⁴⁴⁴⁾⁴⁴⁵⁾⁴⁴⁶⁾⁴⁴⁷⁾⁴⁴⁸⁾⁴⁴⁹⁾⁴⁵⁰⁾⁴⁵¹⁾⁴⁵²⁾⁴⁵³⁾⁴⁵⁴⁾⁴⁵⁵⁾⁴⁵⁶⁾⁴⁵⁷⁾⁴⁵⁸⁾⁴⁵⁹⁾⁴⁶⁰⁾⁴⁶¹⁾⁴⁶²⁾⁴⁶³⁾⁴⁶⁴⁾⁴⁶⁵⁾⁴⁶⁶⁾⁴⁶⁷⁾⁴⁶⁸⁾⁴⁶⁹⁾⁴⁷⁰⁾⁴⁷¹⁾⁴⁷²⁾⁴⁷³⁾⁴⁷⁴⁾⁴⁷⁵⁾⁴⁷⁶⁾⁴⁷⁷⁾⁴⁷⁸⁾⁴⁷⁹⁾⁴⁸⁰⁾⁴⁸¹⁾⁴⁸²⁾⁴⁸³⁾⁴⁸⁴⁾⁴⁸⁵⁾⁴⁸⁶⁾⁴⁸⁷⁾⁴⁸⁸⁾⁴⁸⁹⁾⁴⁹⁰⁾⁴⁹¹⁾⁴⁹²⁾⁴⁹³⁾⁴⁹⁴⁾⁴⁹⁵⁾⁴⁹⁶⁾⁴⁹⁷⁾⁴⁹⁸⁾⁴⁹⁹⁾⁵⁰⁰⁾の⁵⁰¹⁾⁵⁰²⁾⁵⁰³⁾⁵⁰⁴⁾⁵⁰⁵⁾⁵⁰⁶⁾⁵⁰⁷⁾⁵⁰⁸⁾⁵⁰⁹⁾⁵¹⁰⁾⁵¹¹⁾⁵¹²⁾⁵¹³⁾⁵¹⁴⁾⁵¹⁵⁾⁵¹⁶⁾⁵¹⁷⁾⁵¹⁸⁾⁵¹⁹⁾⁵²⁰⁾⁵²¹⁾⁵²²⁾⁵²³⁾⁵²⁴⁾⁵²⁵⁾⁵²⁶⁾⁵²⁷⁾⁵²⁸⁾⁵²⁹⁾⁵³⁰⁾⁵³¹⁾⁵³²⁾⁵³³⁾⁵³⁴⁾⁵³⁵⁾⁵³⁶⁾⁵³⁷⁾⁵³⁸⁾⁵³⁹⁾⁵⁴⁰⁾⁵⁴¹⁾⁵⁴²⁾⁵⁴³⁾⁵⁴⁴⁾⁵⁴⁵⁾⁵⁴⁶⁾⁵⁴⁷⁾⁵⁴⁸⁾⁵⁴⁹⁾⁵⁵⁰⁾⁵⁵¹⁾⁵⁵²⁾⁵⁵³⁾⁵⁵⁴⁾⁵⁵⁵⁾⁵⁵⁶⁾⁵⁵⁷⁾⁵⁵⁸⁾⁵⁵⁹⁾⁵⁶⁰⁾⁵⁶¹⁾⁵⁶²⁾⁵⁶³⁾⁵⁶⁴⁾⁵⁶⁵⁾⁵⁶⁶⁾⁵⁶⁷⁾⁵⁶⁸⁾⁵⁶⁹⁾⁵⁷⁰⁾⁵⁷¹⁾⁵⁷²⁾⁵⁷³⁾⁵⁷⁴⁾⁵⁷⁵⁾⁵⁷⁶⁾⁵⁷⁷⁾⁵⁷⁸⁾⁵⁷⁹⁾⁵⁸⁰⁾⁵⁸¹⁾⁵⁸²⁾⁵⁸³⁾⁵⁸⁴⁾⁵⁸⁵⁾⁵⁸⁶⁾⁵⁸⁷⁾⁵⁸⁸⁾⁵⁸⁹⁾⁵⁹⁰⁾⁵⁹¹⁾⁵⁹²⁾⁵⁹³⁾⁵⁹⁴⁾⁵⁹⁵⁾⁵⁹⁶⁾⁵⁹⁷⁾⁵⁹⁸⁾⁵⁹⁹⁾⁶⁰⁰⁾の⁶⁰¹⁾⁶⁰²⁾⁶⁰³⁾⁶⁰⁴⁾⁶⁰⁵⁾⁶⁰⁶⁾⁶⁰⁷⁾⁶⁰⁸⁾⁶⁰⁹⁾⁶¹⁰⁾⁶¹¹⁾⁶¹²⁾⁶¹³⁾⁶¹⁴⁾⁶¹⁵⁾⁶¹⁶⁾⁶¹⁷⁾⁶¹⁸⁾⁶¹⁹⁾⁶²⁰⁾⁶²¹⁾⁶²²⁾⁶²³⁾⁶²⁴⁾⁶²⁵⁾⁶²⁶⁾⁶²⁷⁾⁶²⁸⁾⁶²⁹⁾⁶³⁰⁾⁶³¹⁾⁶³²⁾⁶³³⁾⁶³⁴⁾⁶³⁵⁾⁶³⁶⁾⁶³⁷⁾⁶³⁸⁾⁶³⁹⁾⁶⁴⁰⁾⁶⁴¹⁾⁶⁴²⁾⁶⁴³⁾⁶⁴⁴⁾⁶⁴⁵⁾⁶⁴⁶⁾⁶⁴⁷⁾⁶⁴⁸⁾⁶⁴⁹⁾⁶⁵⁰⁾⁶⁵¹⁾⁶⁵²⁾⁶⁵³⁾⁶⁵⁴⁾⁶⁵⁵⁾⁶⁵⁶⁾⁶⁵⁷⁾⁶⁵⁸⁾⁶⁵⁹⁾⁶⁶⁰⁾⁶⁶¹⁾⁶⁶²⁾⁶⁶³⁾⁶⁶⁴⁾⁶⁶⁵⁾⁶⁶⁶⁾⁶⁶⁷⁾⁶⁶⁸⁾⁶⁶⁹⁾⁶⁷⁰⁾⁶⁷¹⁾⁶⁷²⁾⁶⁷³⁾⁶⁷⁴⁾⁶⁷⁵⁾⁶⁷⁶⁾⁶⁷⁷⁾⁶⁷⁸⁾⁶⁷⁹⁾⁶⁸⁰⁾⁶⁸¹⁾⁶⁸²⁾⁶⁸³⁾⁶⁸⁴⁾⁶⁸⁵⁾⁶⁸⁶⁾⁶⁸⁷⁾⁶⁸⁸⁾⁶⁸⁹⁾⁶⁹⁰⁾⁶⁹¹⁾⁶⁹²⁾⁶⁹³⁾⁶⁹⁴⁾⁶⁹⁵⁾⁶⁹⁶⁾⁶⁹⁷⁾⁶⁹⁸⁾⁶⁹⁹⁾⁷⁰⁰⁾の⁷⁰¹⁾⁷⁰²⁾⁷⁰³⁾⁷⁰⁴⁾⁷⁰⁵⁾⁷⁰⁶⁾⁷⁰⁷⁾⁷⁰⁸⁾⁷⁰⁹⁾⁷¹⁰⁾⁷¹¹⁾⁷¹²⁾⁷¹³⁾⁷¹⁴⁾⁷¹⁵⁾⁷¹⁶⁾⁷¹⁷⁾⁷¹⁸⁾⁷¹⁹⁾⁷²⁰⁾⁷²¹⁾⁷²²⁾⁷²³⁾⁷²⁴⁾⁷²⁵⁾⁷²⁶⁾⁷²⁷⁾⁷²⁸⁾⁷²⁹⁾⁷³⁰⁾⁷³¹⁾⁷³²⁾⁷³³⁾⁷³⁴⁾⁷³⁵⁾⁷³⁶⁾⁷³⁷⁾⁷³⁸⁾⁷³⁹⁾⁷⁴⁰⁾⁷⁴¹⁾⁷⁴²⁾⁷⁴³⁾⁷⁴⁴⁾⁷⁴⁵⁾⁷⁴⁶⁾⁷⁴⁷⁾⁷⁴⁸⁾⁷⁴⁹⁾⁷⁵⁰⁾⁷⁵¹⁾⁷⁵²⁾⁷⁵³⁾⁷⁵⁴⁾⁷⁵⁵⁾⁷⁵⁶⁾⁷⁵⁷⁾⁷⁵⁸⁾⁷⁵⁹⁾⁷⁶⁰⁾⁷⁶¹⁾⁷⁶²⁾⁷⁶³⁾⁷⁶⁴⁾⁷⁶⁵⁾⁷⁶⁶⁾⁷⁶⁷⁾⁷⁶⁸⁾⁷⁶⁹⁾⁷⁷⁰⁾⁷⁷¹⁾⁷⁷²⁾⁷⁷³⁾⁷⁷⁴⁾⁷⁷⁵⁾⁷⁷⁶⁾⁷⁷⁷⁾⁷⁷⁸⁾⁷⁷⁹⁾⁷⁸⁰⁾⁷⁸¹⁾⁷⁸²⁾⁷⁸³⁾⁷⁸⁴⁾⁷⁸⁵⁾⁷⁸⁶⁾⁷⁸⁷⁾⁷⁸⁸⁾⁷⁸⁹⁾⁷⁹⁰⁾⁷⁹¹⁾⁷⁹²⁾⁷⁹³⁾⁷⁹⁴⁾⁷⁹⁵⁾⁷⁹⁶⁾⁷⁹⁷⁾⁷⁹⁸⁾⁷⁹⁹⁾⁸⁰⁰⁾の⁸⁰¹⁾⁸⁰²⁾⁸⁰³⁾⁸⁰⁴⁾⁸⁰⁵⁾⁸⁰⁶⁾⁸⁰⁷⁾⁸⁰⁸⁾⁸⁰⁹⁾⁸¹⁰⁾⁸¹¹⁾⁸¹²⁾⁸¹³⁾⁸¹⁴⁾⁸¹⁵⁾⁸¹⁶⁾⁸¹⁷⁾⁸¹⁸⁾⁸¹⁹⁾⁸²⁰⁾⁸²¹⁾⁸²²⁾⁸²³⁾⁸²⁴⁾⁸²⁵⁾⁸²⁶⁾⁸²⁷⁾⁸²⁸⁾⁸²⁹⁾⁸³⁰⁾⁸³¹⁾⁸³²⁾⁸³³⁾⁸³⁴⁾⁸³⁵⁾⁸³⁶⁾⁸³⁷⁾⁸³⁸⁾⁸³⁹⁾⁸⁴⁰⁾⁸⁴¹⁾⁸⁴²⁾⁸⁴³⁾⁸⁴⁴⁾⁸⁴⁵⁾⁸⁴⁶⁾⁸⁴⁷⁾⁸⁴⁸⁾⁸⁴⁹⁾⁸⁵⁰⁾⁸⁵¹⁾⁸⁵²⁾⁸⁵³⁾⁸⁵⁴⁾⁸⁵⁵⁾⁸⁵⁶⁾⁸⁵⁷⁾⁸⁵⁸⁾⁸⁵⁹⁾⁸⁶⁰⁾⁸⁶¹⁾⁸⁶²⁾⁸⁶³⁾⁸⁶⁴⁾⁸⁶⁵⁾⁸⁶⁶⁾⁸⁶⁷⁾⁸⁶⁸⁾⁸⁶⁹⁾⁸⁷⁰⁾⁸⁷¹⁾⁸⁷²⁾⁸⁷³⁾⁸⁷⁴⁾⁸⁷⁵⁾⁸⁷⁶⁾⁸⁷⁷⁾⁸⁷⁸⁾⁸⁷⁹⁾⁸⁸⁰⁾⁸⁸¹⁾⁸⁸²⁾⁸⁸³⁾⁸⁸⁴⁾⁸⁸⁵⁾⁸⁸⁶⁾⁸⁸⁷⁾⁸⁸⁸⁾⁸⁸⁹⁾⁸⁹⁰⁾⁸⁹¹⁾⁸⁹²⁾⁸⁹³⁾⁸⁹⁴⁾⁸⁹⁵⁾⁸⁹⁶⁾⁸⁹⁷⁾⁸⁹⁸⁾⁸⁹⁹⁾⁹⁰⁰⁾の⁹⁰¹⁾⁹⁰²⁾⁹⁰³⁾⁹⁰⁴⁾⁹⁰⁵⁾⁹⁰⁶⁾⁹⁰⁷⁾⁹⁰⁸⁾⁹⁰⁹⁾⁹¹⁰⁾⁹¹¹⁾⁹¹²⁾⁹¹³⁾⁹¹⁴⁾⁹¹⁵⁾⁹¹⁶⁾⁹¹⁷⁾⁹¹⁸⁾⁹¹⁹⁾⁹²⁰⁾⁹²¹⁾⁹²²⁾⁹²³⁾⁹²⁴⁾⁹²⁵⁾⁹²⁶⁾⁹²⁷⁾⁹²⁸⁾⁹²⁹⁾⁹³⁰⁾⁹³¹⁾⁹³²⁾⁹³³⁾⁹³⁴⁾⁹³⁵⁾⁹³⁶⁾⁹³⁷⁾⁹³⁸⁾⁹³⁹⁾⁹⁴⁰⁾⁹⁴¹⁾⁹⁴²⁾⁹⁴³⁾⁹⁴⁴⁾⁹⁴⁵⁾⁹⁴⁶⁾⁹⁴⁷⁾⁹⁴⁸⁾⁹⁴⁹⁾⁹⁵⁰⁾⁹⁵¹⁾⁹⁵²⁾⁹⁵³⁾⁹⁵⁴⁾⁹⁵⁵⁾⁹⁵⁶⁾⁹⁵⁷⁾⁹⁵⁸⁾⁹⁵⁹⁾⁹⁶⁰⁾⁹⁶¹⁾⁹⁶²⁾⁹⁶³⁾⁹⁶⁴⁾⁹⁶⁵⁾⁹⁶⁶⁾⁹⁶⁷⁾⁹⁶⁸⁾⁹⁶⁹⁾⁹⁷⁰⁾⁹⁷¹⁾⁹⁷²⁾⁹⁷³⁾⁹⁷⁴⁾⁹⁷⁵⁾⁹⁷⁶⁾⁹⁷⁷⁾⁹⁷⁸⁾⁹⁷⁹⁾⁹⁸⁰⁾⁹⁸¹⁾⁹⁸²⁾⁹⁸³⁾⁹⁸⁴⁾⁹⁸⁵⁾⁹⁸⁶⁾⁹⁸⁷⁾⁹⁸⁸⁾⁹⁸⁹⁾⁹⁹⁰⁾⁹⁹¹⁾⁹⁹²⁾⁹⁹³⁾⁹⁹⁴⁾⁹⁹⁵⁾⁹⁹⁶⁾⁹⁹⁷⁾⁹⁹⁸⁾⁹⁹⁹⁾¹⁰⁰⁰⁾の¹⁰⁰¹⁾¹⁰⁰²⁾¹⁰⁰³⁾¹⁰⁰⁴⁾¹⁰⁰⁵⁾¹⁰⁰⁶⁾¹⁰⁰⁷⁾¹⁰⁰⁸⁾¹⁰⁰⁹⁾¹⁰¹⁰⁾¹⁰¹¹⁾¹⁰¹²⁾¹⁰¹³⁾¹⁰¹⁴⁾¹⁰¹⁵⁾¹⁰¹⁶⁾¹⁰¹⁷⁾¹⁰¹⁸⁾¹⁰¹⁹⁾¹⁰²⁰⁾¹⁰²¹⁾¹⁰²²⁾¹⁰²³⁾¹⁰²⁴⁾¹⁰²⁵⁾¹⁰²⁶⁾¹⁰²⁷⁾¹⁰²⁸⁾¹⁰²⁹⁾¹⁰³⁰⁾¹⁰³¹⁾¹⁰³²⁾¹⁰³³⁾¹⁰³⁴⁾¹⁰³⁵⁾¹⁰³⁶⁾¹⁰³⁷⁾¹⁰³⁸⁾¹⁰³⁹⁾¹⁰⁴⁰⁾¹⁰⁴¹⁾¹⁰⁴²⁾¹⁰⁴³⁾¹⁰⁴⁴⁾¹⁰⁴⁵⁾¹⁰⁴⁶⁾¹⁰⁴⁷⁾¹⁰⁴⁸⁾¹⁰⁴⁹⁾¹⁰⁵⁰⁾¹⁰⁵¹⁾¹⁰⁵²⁾¹⁰⁵³⁾¹⁰⁵⁴⁾¹⁰⁵⁵⁾¹⁰⁵⁶⁾¹⁰⁵⁷⁾¹⁰⁵⁸⁾¹⁰⁵⁹⁾¹⁰⁶⁰⁾¹⁰⁶¹⁾¹⁰⁶²⁾¹⁰⁶³⁾¹⁰⁶⁴⁾¹⁰⁶⁵⁾¹⁰⁶⁶⁾¹⁰⁶⁷⁾¹⁰⁶⁸⁾¹⁰⁶⁹⁾¹⁰⁷⁰⁾¹⁰⁷¹⁾¹⁰⁷²⁾¹⁰⁷³⁾¹⁰⁷⁴⁾¹⁰⁷⁵⁾¹⁰⁷⁶⁾¹⁰⁷⁷⁾¹⁰⁷⁸⁾¹⁰⁷⁹⁾¹⁰⁸⁰⁾¹⁰⁸¹⁾¹⁰⁸²⁾¹⁰⁸³⁾¹⁰⁸⁴⁾¹⁰⁸⁵⁾¹⁰⁸⁶⁾¹⁰⁸⁷⁾¹⁰⁸⁸⁾¹⁰⁸⁹⁾¹⁰⁹⁰⁾¹⁰⁹¹⁾¹⁰⁹²⁾¹⁰⁹³⁾¹⁰⁹⁴⁾¹⁰⁹⁵⁾¹⁰⁹⁶⁾¹⁰⁹⁷⁾¹⁰⁹⁸⁾¹⁰⁹⁹⁾¹¹⁰⁰⁾の¹¹⁰¹⁾¹¹⁰²⁾¹¹⁰³⁾¹¹⁰⁴⁾¹¹⁰⁵⁾¹¹⁰⁶⁾¹¹⁰⁷⁾¹¹⁰⁸⁾¹¹⁰⁹⁾¹¹¹⁰⁾¹¹¹¹⁾¹¹¹²⁾¹¹¹³⁾¹¹¹⁴⁾¹¹¹⁵⁾¹¹¹⁶⁾¹¹¹⁷⁾¹¹¹⁸⁾¹¹¹⁹⁾¹¹²⁰⁾¹¹²¹⁾¹¹²²⁾¹¹²³⁾¹¹²⁴⁾¹¹²⁵⁾¹¹²⁶⁾¹¹²⁷⁾¹¹²⁸⁾¹¹²⁹⁾¹¹³⁰⁾¹¹³¹⁾¹¹³²⁾¹¹³³⁾¹¹³⁴⁾¹¹³⁵⁾¹¹³⁶⁾¹¹³⁷⁾¹¹³⁸⁾¹¹³⁹⁾¹¹⁴⁰⁾¹¹⁴¹⁾¹¹⁴²⁾¹¹⁴³⁾¹¹⁴⁴⁾¹¹⁴⁵⁾¹¹⁴⁶⁾¹¹⁴⁷⁾¹¹⁴⁸⁾¹¹⁴⁹⁾¹¹⁵⁰⁾¹¹⁵¹⁾¹¹⁵²⁾¹¹⁵³⁾¹¹⁵⁴⁾¹¹⁵⁵⁾¹¹⁵⁶⁾¹¹⁵⁷⁾¹¹⁵⁸⁾¹¹⁵⁹⁾¹¹⁶⁰⁾¹¹⁶¹⁾¹¹⁶²⁾¹¹⁶³⁾¹¹⁶⁴⁾¹¹⁶⁵⁾¹¹⁶⁶⁾¹¹⁶⁷⁾¹¹⁶⁸⁾¹¹⁶⁹⁾¹¹⁷⁰⁾¹¹⁷¹⁾¹¹⁷²⁾¹¹⁷³⁾¹¹⁷⁴⁾¹¹⁷⁵⁾¹¹⁷⁶⁾¹¹⁷⁷⁾¹¹⁷⁸⁾¹¹⁷⁹⁾¹¹⁸⁰⁾¹¹⁸¹⁾¹¹⁸²⁾¹¹⁸³⁾¹¹⁸⁴⁾¹¹⁸⁵⁾¹¹⁸⁶⁾¹¹⁸⁷⁾¹¹⁸⁸⁾¹¹⁸⁹⁾¹¹⁹⁰⁾¹¹⁹¹⁾¹¹⁹²⁾¹¹⁹³⁾¹¹⁹⁴⁾¹¹⁹⁵⁾¹¹⁹⁶⁾¹¹⁹⁷⁾¹¹⁹⁸⁾¹¹⁹⁹⁾¹²⁰⁰⁾の¹²⁰¹⁾¹²⁰²⁾¹²⁰³⁾¹²⁰⁴⁾¹²⁰⁵⁾¹²⁰⁶⁾¹²⁰⁷⁾¹²⁰⁸⁾¹²⁰⁹⁾¹²¹⁰⁾¹²¹¹⁾¹²¹²⁾¹²¹³⁾¹²¹⁴⁾¹²¹⁵⁾¹²¹⁶⁾¹²¹⁷⁾¹²¹⁸⁾¹²¹⁹⁾¹²²⁰⁾¹²²¹⁾¹²²²⁾¹²²³⁾¹²²⁴⁾¹²²⁵⁾¹²²⁶⁾¹²²⁷⁾¹²²⁸⁾¹²²⁹⁾¹²³⁰⁾¹²³¹⁾¹²³²⁾¹²³³⁾¹²³⁴⁾¹²³⁵⁾¹²³⁶⁾¹²³⁷⁾¹²³⁸⁾¹²³⁹⁾¹²⁴⁰⁾¹²⁴¹⁾¹²⁴²⁾¹²⁴³⁾¹²⁴⁴⁾¹²⁴⁵⁾¹²⁴⁶⁾¹²⁴⁷⁾¹²⁴⁸⁾¹²⁴⁹⁾¹²⁵⁰⁾¹²⁵¹⁾¹²⁵²⁾¹²⁵³⁾¹²⁵⁴⁾¹²⁵⁵⁾¹²⁵⁶⁾¹²⁵⁷⁾¹²⁵⁸⁾¹²⁵⁹⁾¹²⁶⁰⁾¹²⁶¹⁾¹²⁶²⁾¹²⁶³⁾¹²⁶⁴⁾¹²⁶⁵⁾¹²⁶⁶⁾¹²⁶⁷⁾¹²⁶⁸⁾¹²⁶⁹⁾¹²⁷⁰⁾¹²⁷¹⁾¹²⁷²⁾¹²⁷³⁾¹²⁷⁴⁾¹²⁷⁵⁾¹²⁷⁶⁾¹²⁷⁷⁾¹²⁷⁸⁾¹²⁷⁹⁾¹²⁸⁰⁾¹²⁸¹⁾¹²⁸²⁾¹²⁸³⁾¹²⁸⁴⁾¹²⁸⁵⁾¹²⁸⁶⁾¹²⁸⁷⁾¹²⁸⁸⁾¹²⁸⁹⁾¹²⁹⁰⁾¹²⁹¹⁾¹²⁹²⁾¹²⁹³⁾¹²⁹⁴⁾¹²⁹⁵⁾¹²⁹⁶⁾¹²⁹⁷⁾¹²⁹⁸⁾¹²⁹⁹⁾¹³⁰⁰⁾の¹³⁰¹⁾¹³⁰²⁾¹³⁰³⁾¹³⁰⁴⁾¹³⁰⁵⁾¹³⁰⁶⁾¹³⁰⁷⁾¹³⁰⁸⁾¹³⁰⁹⁾¹³¹⁰⁾¹³¹¹⁾¹³¹²⁾¹³¹³⁾¹³¹⁴⁾¹³¹⁵⁾¹³¹⁶⁾¹³¹⁷⁾¹³¹⁸⁾¹³¹⁹⁾¹³²⁰⁾¹³²¹⁾¹³²²⁾¹³²³⁾¹³²⁴⁾¹³²⁵⁾¹³²⁶⁾¹³²⁷⁾¹³²⁸⁾¹³²⁹⁾¹³³⁰⁾¹³³¹⁾¹³³²⁾¹³³³⁾¹³³⁴⁾¹³³⁵⁾¹³³⁶⁾¹³³⁷⁾¹³³⁸⁾¹³³⁹⁾¹³⁴⁰⁾¹³⁴¹⁾¹³⁴²⁾¹³⁴³⁾¹³⁴⁴⁾¹³⁴⁵⁾¹³⁴⁶⁾¹³⁴⁷⁾¹³⁴⁸⁾¹³⁴⁹⁾¹³⁵⁰⁾¹³⁵¹⁾¹³⁵²⁾¹³⁵³⁾¹³⁵⁴⁾¹³⁵⁵⁾¹³⁵⁶⁾¹³⁵⁷⁾¹³⁵⁸⁾¹³⁵⁹⁾¹³⁶⁰⁾¹³⁶¹⁾¹³⁶²⁾¹³⁶³⁾¹³⁶⁴⁾¹³⁶⁵⁾¹³⁶⁶⁾¹³⁶⁷⁾¹³⁶⁸⁾¹³⁶⁹⁾¹³⁷⁰⁾¹³⁷¹⁾¹³⁷²⁾¹³⁷³⁾¹³⁷⁴⁾¹³⁷⁵⁾¹³⁷⁶⁾¹³⁷⁷⁾¹³⁷⁸⁾¹³⁷⁹⁾¹³⁸⁰⁾¹³⁸¹⁾¹³⁸²⁾¹³⁸³⁾¹³⁸⁴⁾¹³⁸⁵⁾¹³⁸⁶⁾¹³⁸⁷⁾¹³⁸⁸⁾¹³⁸⁹⁾¹³⁹⁰⁾¹³⁹¹⁾¹³⁹²⁾¹³⁹³⁾¹³⁹⁴⁾¹³⁹⁵⁾¹³⁹⁶⁾¹³⁹⁷⁾¹³⁹⁸⁾¹³⁹⁹⁾¹⁴⁰⁰⁾の¹⁴⁰¹⁾¹⁴⁰²⁾¹⁴⁰³⁾¹⁴⁰⁴⁾¹⁴⁰⁵⁾¹⁴⁰⁶⁾¹⁴⁰⁷⁾¹⁴⁰⁸⁾¹⁴⁰⁹⁾¹⁴¹⁰⁾¹⁴¹¹⁾¹⁴¹²⁾¹⁴¹³⁾¹⁴¹⁴⁾¹⁴¹⁵⁾¹⁴¹⁶⁾¹⁴¹⁷⁾¹⁴¹⁸⁾¹⁴¹⁹⁾¹⁴²⁰⁾¹⁴²¹⁾¹⁴²²⁾¹⁴²³⁾¹⁴²⁴⁾¹⁴²⁵⁾¹⁴²⁶⁾¹⁴²⁷⁾¹⁴²⁸⁾¹⁴²⁹⁾¹⁴³⁰⁾¹⁴³¹⁾¹⁴³²⁾¹⁴³³⁾¹⁴³⁴⁾¹⁴³⁵⁾¹⁴³⁶⁾¹⁴³⁷⁾¹⁴³⁸⁾¹⁴³⁹⁾¹⁴⁴⁰⁾¹⁴⁴¹⁾¹⁴⁴²⁾¹⁴⁴³⁾¹⁴⁴⁴⁾¹⁴⁴⁵⁾¹⁴⁴⁶⁾

尿素区が最も少なかった。これら随伴イオンと窒素含量との関係は藤原、鳥居ら⁵⁾の水稻に対する同様な試験における結果とほぼ一致した傾向がみられた。

リン酸：新葉のリン酸含量は表7に示すごとく、塩安を多量に施すとリン酸含量が少なくなり、塩安 0.5 g 区は硫安区と同様で、塩安、硫安混合区および尿素区は硫安区よりやや少なかった。成葉のリン酸含量は表8に示すごとく、塩安、硫安混合区が最も多く、塩安 1 g 区が最も少なかった。このように、塩素とイオウのリン酸吸収に及ぼす影響は明らかでないが、塩安を多量に施すと、後に述べるようにアルミニウムの含量が多くなるが、これはリン酸の吸収となんらかの関係を持っているものと推察される。

カリ：カリ含量は新葉部で塩安、硫安混合区がやや多いが、他ではほとんど差がなく塩素、イオウの影響はみられなかった。

石灰：新葉の石灰含量は塩安区が最も多く、尿素区がこれに次ぎ、硫安区が最も少なく、成葉もほぼこれに近い傾向を示した。下瀬によれば塩素は石灰の吸収を抑制するといっているが、これは塩化ナトリウムを使つての試験であり、ナトリウムと石灰のきつ抗作用がみられたものと思われる。藤原、鳥居らの塩安を用いての試験結果によれば、塩素はイオウよりも石灰の吸収を助長する傾向が認められ、本結果と一致した傾向である。

苦土：一般に苦土は新葉に多く含まれるが、茶樹の場合は石灰飽和度が25%以下で、苦土飽和度が5%の場合は成葉の苦土含量が多くなることが認められており、本試験においてもその傾向が認められた。

新葉の苦土含量は表7に示すごとく、塩安、硫安区は塩安硫安混合区、尿素区より多く、施肥量の多いほうが苦土含量が多くなったが、尿素区は他の区に比して少なく、尿素 1 g 区が最も少なかった。これは生育状態にもみられたごとく、葉の色が黄色となったことと関連があるものと考えられる。成葉の苦土含量はむしろ尿素区がやや多い傾向を示した。塩素、イオウが苦土吸収に及ぼす影響は明らかでない。

マンガ、ン、アルミニウム：マンガ、ンとアルミニウムの含量は新葉、成葉ともに塩安区が最も多く、硫安区が最も少ない傾向を示した。これは塩素とイオウにより溶解された塩化物と硫酸塩との溶解性の差異が、吸収面における相互作用が明らかでないが、塩安を多量に施すとマンガ、ン、アルミニウム含量が多くなることは、茶樹のためにも良くなく、肥培管理上注意すべきことである。

3. 2. 3 新葉のポリフェノールオキシダーゼ(P.O.)、カタラーゼ(C.)、およびパーオキシダーゼ(Pr.)力価に及ぼす影響

塩素を多量に吸収した場合、写真3に示したような障害を起こし、また、障害を起こさなくてもその限界に近

い塩素含量を示す塩安区の新葉が、硫安区、尿素区のものとの程度酸化酵素力価に差異があるかを調べた。すなわち、各酵素力価として次ぎに示す反応をワールブルグ検圧計により測定した。

① P. O. 力価

② C. 力価

③ Pr. 力価

なお、Pr. 力価はカタラーゼの作用を硝酸ナトリウムで阻害して測定を行なった。反応温度はいずれも 25°C に調節した。

酸化酵素力価の測定結果は表9に示すごとくである。

表9 窒素 1 g 施肥区一心四葉の酸化酵素力価

酵 素 \ 試 料	塩安区	硫安区	塩安、 硫安 混合区	尿素区
P.O. $\text{O}_2\mu\text{l}/30'/\text{Nmg}$	16	4	3	4
C. $\text{O}_2\mu\text{l}/30'/\text{Nmg}$	792	51	34	46
Pr. $\text{CO}_2\mu\text{l}/30'/\text{Nmg}$	192	80	61	61
試料 水分含量 (%)	77.7	85.1	84.5	85.5

酸化酵素力価はいずれも塩安区が著しく高く、他の3区にはたいした差異が認められなかった。塩安区の試料は写真3に示したような障害が現われはじめたものを供試したが、このように塩素が過剰に吸収されると、酸化酵素力価が高くなり細胞中の酸化還元機構のバランスがくずれ、酸化が進み茶葉は褐変する。この現象が進行するにつれ、2. 2 でも述べたように葉の褐変が進み遂には枯死落葉するものと考えられる。

下瀬の実験にもみられるごとく、培養液中の塩化ナトリウム、硫酸ナトリウムの浸透圧を変化させた場合、塩素は浸透圧を高めれば吸収量が多くなるが、イオウはほとんど増加しない。このことから、イオウの過剰障害は発現しにくく、塩安の場合は施肥量を増加すればするほど多量に塩素が吸収集積され、直接浸透圧の面から水分を不足させ、酵素系にアンバランスをおこさせることが塩素過剰障害の最もおもな原因と考えられる。

4 要 約

塩安、硫安施肥に伴う塩素とイオウの茶樹による吸収および無機成分含量に及ぼす影響についてポット試験を行なった。その結果を要約すると次のとおりである。

1. 新葉、成葉の塩素含量は施肥量の増加に伴い多く

なるが、イオウ含量は施肥量を増加してもあまり多くな
らなかった。

塩素は新葉より古葉に多く集積し、イオウは古葉より
新葉に多く集積した。

2. 塩素過剰障害の起こるのは塩素含量が乾物中 0.8
~1.0% 以上の場合であった。

3. 塩安施肥区は硫安施肥区に比し、葉部の窒素、リ
ン酸含量がやや少なく、石灰、アルミニウムおよびマン
ガン含量が多かった。

4. 葉部に多量の塩素が集積すると水分含量が減少
し、ポリフェノール オキシダーゼ、カタラーゼおよび
パーオキシダーゼの力価が増大した。終わりに酵素力価
を測定して下さった竹尾枝官に厚く謝意を表す。

5 引 用 文 献

- 1) 下瀬 昇：土肥誌，34 (4)，107~110 (1963)。
- 2) 三井進午，熊沢喜久雄，前沢利夫，太田 正：土
肥誌，32 (4)，121~124 (1961)。
- 3) MACDONALD, Ian R., GEORGE G. LATIES：
Plant Physiol., 38 (1), 38~44
(1963)。
- 4) 河合惣吾，池ヶ谷賢次郎：茶枝研，No. 25，52~
54 (1961)。
- 5) 藤原彰夫，鳥居賢治：土肥誌，32 (8)，375~379
(1961)。

Summary

The absorption of chlorine and sulfur by
the tea plant from applied ammonium chloride
and ammonium sulfide and the effect of these
elements on the mineral contents of tea leaves
were investigated by a pot experiment.

The results were summarized as follows:

1. The chlorine content of new leaf and
mature leaf increased with increasing dress
amount of ammonium chloride but the sulfur
content of leaves did not increase with incre-
asing dress amount of ammonium sulfide.

Chlorine was accumulated in old leaf more
than in new leaf and sulfur was accumulated
in new leaf more than in old leaf.

2. An injury occurred when the tea leaf
contained over 0.8~1.0% of chlorine.

3. Nitrogen and phosphorus were poorer
while calcium, manganese and aluminum were
richer in the tea leaves of ammonium chloride
plots than in ammonium sulfate plots.

4. When much quantity of chloride was
accumulated in the tea leaves, the water con-
tent of tea leaves decreased and the activities
of polyphenoloxidase, catalase and peroxidase
increased.

(Aug., 28, 1963)