

施設畑土壌における養分集積実態
イチゴ連作土壌についての一調査

吉川 義一*・吉田 徹志*・山中 律**
(* 農学部土壌学・肥科学研究室, ** 高知県高吾農業改良普及所)

Accumulation of Nutrients in Greenhouse Soils
Nutrient Status of Greenhouse Soils at the End of Cropping of Strawberry

Giichi YOSHIKAWA*, Tetsushi YOSHIDA*, and Ritsu YAMANAKA**

* *Laboratory of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture;*

** *Kōgo Agricultural Extension Station, Kōchi*

Abstract: Topsoils and subsoils were taken from 21 greenhouses in Sakawa-chō, Kōchi-ken, at the end of cropping of strawberry. The status of nitrogen, phosphorus, and bases of the soils was studied.

1) The range and average in the content of each nutrient in topsoils (n=21), expressed as mg per 100 g of oven-dry soil, were as follows:

Inorganic nitrogen; 1.2-26.9, 8.3

Inorganic nitrogen produced at 30 °C in 2 weeks aerobic incubation; 4.3-13.1, 7.8

Inorganic phosphorus; 201-1325, 606 (as P₂O₅)

Phosphorus extracted with 0.002 N H₂SO₄ (Truog-p, 0.5 g: 100 ml, 1 h); 96-455, 231 (as P₂O₅)

Phosphorus extracted with water (1g: 100 ml, 1 h); 10.4-37.8, 21.1 (as P₂O₅)

Exchangeable calcium; 161-436, 280 (as CaO)

Exchangeable magnesium; 20-106, 48 (as MgO)

Exchangeable potassium; 19-123, 51 (as K₂O)

2) Inorganic nitrogen in topsoils was predominantly nitrate.

3) Calcium-bound phosphorus plus aluminium-bound phosphorus occupied 80 to 90 percent or more of readily soluble phosphorus accumulated in topsoils.

4) The contents of inorganic phosphorus and Truog-p in topsoils, and the amount of phosphorus extracted with water from topsoils, were highly correlated mutually.

5) Base saturation percentages in topsoils ranged from 46 to 135, and the average was 84.

6) The contents of nutrients in subsoils (about 20 cm in thickness) were lower than those of topsoils. Some subsoils, however, contained large amounts of nutrients comparable to those of topsoils.

7) The accumulation of nutrients in topsoils and subsoils was discussed on the basis of the rates of fertilizers and soil amendments applied, the year of continuous cropping of strawberry, and the soil managements, especially the soil submerging after cropping.

緒 言

施設畑では多量の肥料が施用されるが、施用した肥料成分の作物による利用率は一般に低く¹⁾,

本報告の概要は日本土壌肥科学会昭和59年度大会(仙台)で発表した。

** 現在高知県農林技術研究所

また降雨の影響を受けない施設畑特有の環境下で、その大部分あるいはかなりの部分が栽培終了後に土壌に残留する。栽培終了時から次期栽培開始までの施設畑における土壌管理は地域によって、栽培作物、その他によって異なるが、高知県における水田利用の施設畑においては、ある期間水田状態に保たれることが多い。この処理により残留肥料成分のうち硝酸態窒素などは土壌から除かれるが、リン酸などの難溶性成分は土壌に残留し、栽培の繰り返しによりその集積量を増していくと考えられる。

著者らは、施設栽培における土壌管理および施肥の合理化を図るための基礎研究として、施設畑土壌の理化学性に対する栽培後の土壌管理の影響を詳しく解析しようとしている。本研究はその予備検討の一つであり、高知県におけるイチゴの主な施設栽培地の一つである高岡郡佐川町のイチゴ連作ハウスの土壌について養分集積の実態を調査したものである。

調査ハウスにおけるイチゴ栽培と栽培後の土壌管理の概要

1. 調査ハウス 高知県高岡郡佐川町の旧斗賀野村において Fig. 1. に示す島田、寺川、永野、川原田の4地区の計21のハウスを調査ハウスに選んだ。旧斗賀野村は高知県においてイチゴの施設栽培が最も盛んな地域であり、昭和58年現在、栽培農家は55戸、栽培面積は 11.3 ha (佐川町 15 ha, 高知県 69 ha) である²⁾。

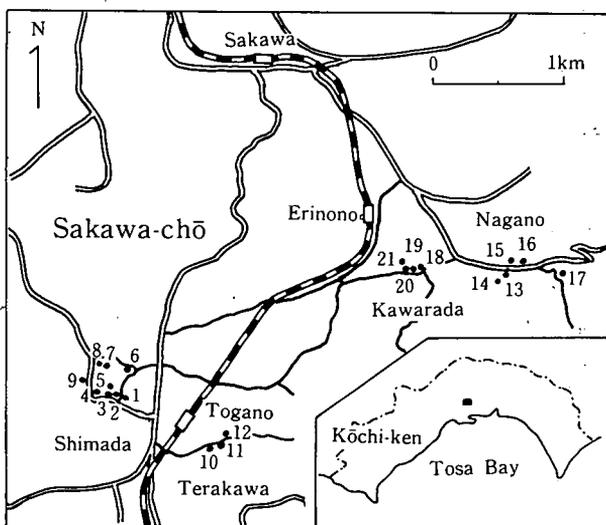


Fig. 1. Locality of selected twenty-one greenhouses.

2. 栽培概要 調査ハウスにおけるイチゴ栽培は一般の電照促成栽培に高冷地育苗促成栽培を組合わせたものが主で、栽培品種は大部分が「宝交早生」であるが、一部で「麗紅」、その他が導入されている。8月中旬～9月中旬に耕耘(深さ 15~20 cm), うね立て(幅約 60 cm, 高さ約 30 cm)などの作業, 土壌改良資材の施用, 「有機配合」を主にした基肥施用がおこなわれる。9月下旬に苗が定植される。次いで10月下旬に土壌全面にマルチが施され, ハウスのビニール張りがおこなわれてハウス栽培に移る。栽培終了は翌年5月中旬である。大部分のハウスはその間液肥を用いて追肥がおこ

なわれる。

3. 施肥概要 昭和58園芸年度(1982~83)における各調査ハウスの施肥についての聞き取り調査の結果は下表に示すとおりである。基肥は「有機配合」を主体にして施用される。施用量は窒素, リン酸(P_2O_5), カリ(K_2O)のそれぞれについて 10 a 当たり 20~30 kg である。そのほか, わら, 堆肥, 炭酸苦土石灰, 溶成りん肥などが土壌改良資材として施用されるが, これらの施用は農家により, 年度によりかなり異なる。イチゴ作後に水稲作をおこなう場合は, 収穫後わらは土壌にすき込まれる。青刈りして土壌にすき込まれる場合もある。堆肥を施用する農家は比較

昭和 58 園芸年度施肥等概要

No	土 壤 改 良 資 材 等		基肥(有機配合*等)・追肥(液肥) 施用量kg/10a			
	種 類	施用量kg/10a		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	堆肥 溶成りん肥	不詳	基	28 ~ 30	20 ~ 25	20 ~ 25
		100	追	2	0.8	1.2
2	わら	450	基	30	20 ~ 25	20 ~ 25
			追	2	0.8	1.2
3	わら	450	基	25	25	25
			追	4	1.6	2.4
4	わら	450	基	30	20	20
			追	2	0.8	1.2
5	青刈り水稻		基	30	30	20
			追	2	0.8	1.2
6	堆肥 苦土重焼りん	4000	基	20	20	20
		20	追	4	1.6	2.4
7	青刈り水稻 炭酸苦土石灰	130	基	25	25	25
			追	4	1.6	2.4
8	(施用せず)		基	25	25	25
			追	2 ~ 4	0.8 ~ 1.6	1.2 ~ 2.4
9	わら	450	基	20	25	20
			追	4	1.6	2.4
10	わら	900	基	20 ~ 25	20 ~ 25	20 ~ 25
			追	4	2.4	5.7
11	わら 苦土重焼りん	1350	基	20	20	20
		60	追	3	1.6	3.5
12	堆肥(牛ふん)	1000	基	25	25	25
			追	4	1.6	2.4
13**	わら 溶成りん肥	450	基	20	25 ~ 30	20
		100	追		(施用せず)	
14**	わら 堆肥(牛・豚ふん) 溶成りん肥	900	基	20 ~ 30	20	20
		8000 120	追		(施用せず)	
15**	堆肥(牛ふん) 溶成りん肥 炭酸苦土石灰	4000	基	30	25 ~ 30	20 ~ 25
		20 100	追	2	0.8	1.2
16**	堆肥(豚ふん) 溶成りん肥	2000	基	25	25	25
		60	追	6	3.2	7
17**	堆肥(牛ふん)	4000	基	25	25	25
			追	4	1.6	2.4
18**	炭酸苦土石灰	100	基	20 ~ 25	20 ~ 25	20 ~ 25
			追	4	1.6	2.4
19**	炭酸苦土石灰	150	基	10 ~ 15	5 ~ 10	5 ~ 10
			追	3	1.2	1.8
20**	わら 溶成りん肥	900	基	20	20 ~ 25	20
		40	追		(施用せず)	
21**	堆肥 苦土重焼りん	2000	基	25	25	25
		80	追	4	1.6	2.4

* 菜種油かす, 骨粉, 魚肥, 皮革粉, ホルム窒素, 重過石, 硫加等配合, 7-7-7
 ** 溶成りん肥の多量施用歴あり

的少ない。炭酸苦土石灰については、連用にとまなう土壌の高 pH 化の傾向からここ数年施用を控えている農家が多い。溶成りん肥は、特に永野および川原田地区で多施される傾向があったが、最近は施用量は減少している。溶成りん肥の代りに苦土重焼りんを施用する農家もある。

4. イチゴ作後の土壌管理 イチゴ作後の土壌管理についての聞き取り調査の結果は下表のとおりである。次期イチゴ栽培開始までの期間に水稲栽培(「フジヒカリ」)、湛水処理、デントコーン栽培、スイカ栽培などがおこなわれる。イチゴ苗床として利用される場合や土壌消毒(ガス処理)後放置される場合もある。水稲栽培の場合は5月下旬～6月上旬に苗を移植し、8月下旬に収穫される。その間の湛水期間は2～3か月である。通常施肥はおこなわれないが、基肥あるいは追肥が少量施用される場合もある。水稲を栽培せずに単に湛水する場合は、その期間は1～2か月であるが、常時湛水状態が維持されているとは限らず、また雑草が繁茂している場合が多い。デントコーン栽培の場合は無肥料で栽培され、刈り取り後土壌にすき込まれる。島田地区のハウスの土壌は水田にした場合に一般に水持ちがよく、イチゴ作後に慣行的に水稲栽培あるいは湛水処理がおこなわれるが、他の3地区のハウスの土壌は一般に水持ちが悪く、2年あるいは数年に1回程度水稲栽培あるいは湛水処理がおこなわれている。

イチゴ作後の土壌管理概要

No	連作年数	土 壌 管 理 法	昭和58年度イチゴ作後土壌管理			
			区 分	入水月旬	落水月旬	備 考
1	7	水稲栽培あるいは湛水処理	湛 水	5 下	7 下	雑草繁茂
2	12 (キュウリ2, イチゴ10)	水稲栽培	水 稲	5 中	8 上	追肥施用(硫加里ん安10 kg/10a)
3	8	水稲栽培	水 稲	6 上	8 上	無肥料
4	8 (キュウリ6, イチゴ2)	水稲栽培	水 稲	6 上	8 上	基肥施用(硫加里ん安20 kg/10a)
5	7 (キュウリ3, イチゴ4)	水稲栽培(背刈りすることあり)	水 稲	6 下	8 上	無肥料, 背刈り・すき込み
6	8	水稲栽培あるいは湛水処理	湛 水	6 中	7 中	雑草なし
7	10 (キュウリ7, イチゴ3)	水稲栽培(背刈りすることあり)あるいは緑肥作物栽培	デントコーン	—	—	無肥料, 背刈り・すき込み
8	7～8	ガス処理後放置	放 置	—	—	
9	6	ガス処理後放置, 3年に1回水稲栽培あるいは湛水処理	水 稲	6 上	8 中	無肥料
10	3	ガス処理後放置あるいは水稲栽培	水 稲	5 下	8 上	無肥料
11	10	水稲栽培	水 稲	5 下	8 中	基肥施用(りん硝安加里20 kg/10a)
12	5	イチゴ苗床(使用後ガス処理)あるいはガス処理後放置	苗 床	—	—	無肥料
13	6	スイカ栽培あるいは湛水処理	スイカ	—	—	骨粉70kg, フルミックス80 kg/10a 施用
14	12	湛水処理	湛 水	6 上～中	7 下	雑草繁茂
15	10	湛水処理あるいはスイカ栽培	スイカ	—	—	施肥不詳
16	8	湛水処理あるいはガス処理後放置	湛 水	6 中	7 中	雑草あり
17	13	イチゴ苗床(使用後ガス処理), ガス処理後放置, あるいは湛水処理	苗 床	—	—	無肥料
18	10	ガス処理後放置あるいはイチゴ苗床(使用後ガス処理)	苗 床	—	—	無肥料
19	10	ガス処理後放置, 水稲栽培, あるいは湛水処理	放 置	—	—	
20	7	ガス処理後放置, 水稲栽培, あるいは湛水処理	放 置	—	—	
21	10	ガス処理後放置, 水稲栽培, あるいは湛水処理	放 置	—	—	

調 査 法

1. ハウス土壌採取法 昭和58園芸年度イチゴ栽培終了直後(1983年5月)に次のようにして土壌を採取した。ハウスの中央部を採取位置とし、うねの中央線に沿って幅1 m、深さ70 cmの穴を掘った。うね中央線に沿う断面の中央、両端の3部分から柱状に作土層とその直下の厚さ20 cmの層の土壌を採取した。下層20 cm以内に層の変化が認められる場合は作土直下の層とその下部の20 cmの層の土壌を採取した。各層の3部分の土壌を混合してそれぞれの試料とした。試料採取量は風乾土で2~3 kgである。下層土については、作土直下の層の土壌を下層土1、その下の層の土壌を下層土2と呼ぶ。

2. 対照水田土壌採取法 施設栽培歴のない島田地区の3水田、他の3地区の4水田の土壌を対照水田に選んだ。水稻作後に水田中央部より上記の方法に準じ作土とその直下の厚さ15~20 cmの層の土壌(下層土1)を採取した。

3. 土壌分析法 分析項目とその方法は次のとおりである。なお、各成分の含量は乾土で示した。

土色 湿土色(新鮮切断面の色)を標準土色帖³⁾を用いて判定した。

土性 国際土壌学会法によっておこなった。分散剤はカルゴンをを用いた。

EC および pH 風乾細土10 gに脱イオン水50 mlを添加し、1時間振とう後懸濁液についてECを測定し、次いで同じ懸濁液についてpHを測定した。

全炭素 チューリン法でおこなった。

全窒素 ケールダール硫酸分解・水蒸気蒸留法により硝酸態窒素を考慮せずに窒素を定量後、下記の硝酸態窒素定量値を加えて全窒素とした。

無機態窒素 プレムナー法⁴⁾により無機態窒素全量とアンモニア態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)を定量し、両値の差を硝酸態窒素($\text{NO}_3\text{-N}$)とした。

有機態窒素 全窒素と無機態窒素全量の差を有機態窒素とした。

無機化窒素量(インキュベーション実験) 100 mlのビーカーに風乾細土50 gを入れ容水量(農学会法、粗状態)の55%に相当する蒸留水を加え、小さじでよく混ぜ、アルミ箔でおおって30℃の定温器中に入れた。2~3日ごとに減量相当の蒸留水を補い、2週間畑状態に保った後土壌の無機態窒素全量をプレムナー法⁴⁾で定量した。この値とインキュベーション開始時の無機態窒素全量(風乾細土についての定量値)の差を無機化窒素量とした。

無機態リン酸 風乾細土1 gに0.5 N硫酸100 mlを添加し5時間振とうして無機態リン酸を浸出し、バナドモリブデン酸法で定量した。

カルシウム結合型リン酸(Ca-P)、アルミニウム結合型リン酸(Al-P)、鉄結合型リン酸(Fe-P) 江川・関谷法⁵⁾により土壌の無機態リン酸をCa-P、Al-P、Fe-Pに分別定量した。リン酸の定量はモリブデンブルー法⁶⁾でおこなった。

トルオグ・リン酸(Truog-p) 原法⁷⁾を若干改変して次のようにおこなった。風乾細土0.5 gに0.002N硫酸(1 l中に硫酸アンモニウム3 gを含む)100 mlを加え、25℃で1時間振とうし、浸出されたリン酸をモリブデンブルー法⁶⁾で定量した。

水溶性リン酸 風乾細土1 gに蒸留水100 mlを添加し、25℃で1時間振とうし、浸出されたリン酸をモリブデンブルー法⁶⁾で定量した。

CEC ショーレンベルガー法に準じ次のようにして測定した。風乾細土2 gを200 mlの三角フラスコにとり、pH 7.0のN酢酸アンモニウム(酢安液)100 mlを添加して1時間振とうした。酢安液を用いて吸引しながら底にろ紙を密着させたグーチャーのつぼに土壌全量を移し、弱く吸引しながら1回5 mlの酢安液で計10回洗浄し、土壌を NH_4^+ で飽和させた。次に弱く吸引

しながら1回 5 ml の 95 % エタノールを用いて5回洗浄し遊離塩を除去した。以下、常法に準じ吸着 NH_4^+ を塩化カリウム溶液を用いて浸出し、水蒸気蒸留法で定量して土壤の CEC を求めた。なお、酢安液による処理およびエタノールによる洗浄は液温 20~25 °C でおこなった。

交換性塩基 風乾細土 5 g に上記酢安液 50 ml を添加し、1時間振とうして交換性のカルシウム、マグネシウム、およびカリウムを浸出し、原子吸光分析法で各塩基を定量した。

結果と考察

1. 土壤断面と土壤の一般的性質 作土と下層土の一般的性質は Table 1. に示すとおりである。島田地区(1~9)の土壤は、地力保全基本調査では「灰色低地土・下層黒ボク」に分類されている⁹⁾。土層が比較的厚く、下層に黒ボク層が存在する。作土も黒ボクが種々の程度に混入していると考えられ、土色は黒味を帯び、CEC、リン酸吸収係数が比較的高い。火山ガラスの存在も観察される。作土の pH は6前後を示し、EC は 0.2 mS/cm 以下で比較的低い値を示す。本地区の土壤は水田にした場合に水持ちが適当で、既述のとおり大部分のハウスでイチゴ作後に水稲作あるいは湛水処理がおこなわれている。

地力保全基本調査では寺川地区(10~12)の土壤は「細粒強グライ土」に、永野地区(13~17)および川原田地区(18~21)の土壤は「細粒灰色低地土・灰色系」に分類されている⁹⁾。しかし、これら3地区の土壤の断面は類似しており、いずれも島田地区と対照的に下層の比較的浅い位置にれき層を含む。17(永野)および21(川原田)においてはれき層は作土直下に現われる。下層土1, 2のれき含量も島田地区に比べて高い。作土の pH は5~7で、永野および川原田地区に高い値を示す土壤が存在する。作土の EC は 0.1~0.6 mS/cm で、0.5~0.6 mS/cm のやや高い値を示す土壤が数点存在する。これら3地区の土壤は下層の状態と関連して水田にした場合に水持ちが悪く、特に永野地区で漏水が著しい。これらの地区では既述のとおり、2年あるいは数年に1回程度イチゴ作後に水稲作あるいは湛水処理がおこなわれている。

下層の状態はイチゴ作後の土壤管理法を左右し、養分の集積、動向に影響を与えるはずである。上記のような下層の相違に注意し、島田地区の土壤をA群(以下Aと略称)、他の3地区の土壤を一括してB群(以下Bと略称)とし、両群の土壤を対比しながら検討を進めることとする。なお、対照水田土壤をC群とし、Cと略称する。

2. 窒素の集積実態 作土および下層土の窒素含量について調査した結果は Table 2. および Fig. 2. に示すとおりである。

作土の無機態窒素含量を平均値と比較すると $A < B$ の関係がある。Aにおいては土壤による無機態窒素含量の差は比較的小さいが、Bにおいては土壤による差が大きい。無機態窒素の主体は硝酸態窒素である。インキュベーションによって生成する無機態窒素量あるいは有機態窒素の無機化率は比較的高く、一般に易分解性有機態窒素の集積が認められる。これらの値を平均値と比較すると $A > B$ であるが、無機態窒素含量と同様にBで土壤間の差が大きい。

Fig. 3. は作土の無機態窒素含量と EC 値の関係を示したもので、両者の間に高い相関が認められる。この図に示す数値は栽培終了時の土壤の測定値であるが、これらの値から大部分のハウスの作土の無機態窒素ならびに EC は栽培期間中ほぼ適当なレベルに保たれたことが推察される。しかし、B中に両値が高い土壤が数点存在する(12, 14, 15)。これらの土壤における基肥および追肥窒素の施用量は他の土壤と大きな差はないが、牛ふんあるいは豚ふん堆肥が多量施用されている点が他の土壤と異なる。インキュベーションによって無機化する窒素量も他の土壤に比べて多い。これらの土壤の無機態窒素含量と EC の高い値は堆肥の多量施用に関係があると考えられる。

Table 1. General properties of topsoils (top.) and subsoils (sub.)

No.	Layer	Thickness cm	Depth of rooting cm	Color of moist soil	Gravel %*	Soil texture	Clay %**	Total C %**	pH	EC mS/cm	CEC meq/100g**	Phosphate absorption coefficient**
1	Top.	30	15	7.5 YR 4/2	2.1	LiC	26.2	2.62	6.15	0.130	17.0	730
	Sub. 1	15		5 YR 4/2	5.4	CL	20.6	1.53	6.65	0.044	11.3	690
	2	20		10 YR 3/2	3.9	CL	20.1	1.74	6.64	0.039	11.2	710
2	Top.	25	25	2.5 Y 4/1	4.9	CL	22.2	3.13	6.24	0.117	22.1	920
	Sub. 1	20		2.5 Y 3/1	4.0	CL	23.0	2.98	6.53	0.054	24.9	1340
3	Top.	30	30	2.5 Y 4/1	4.9	CL	22.6	2.75	6.16	0.137	18.7	780
	Sub. 1	15		10 YR 3/2	1.9	CL	18.3	2.94	6.34	0.085	20.3	1310
	2	20		7.5 YR 2/1	0.6	SL	12.3	6.84	5.98	0.136	44.0	2760
4	Top.	35	35	10 YR 3/1	3.8	LiC	23.6	2.76	6.13	0.097	19.1	950
	Sub. 1	20		7.5 YR 2/1	1.3	CL	24.1	2.69	6.08	0.068	20.1	1300
5	Top.	30	33	10 Y 3/1	2.4	CL	21.4	2.61	5.49	0.163	15.2	710
	Sub. 1	20		7.5 YR 3/2	1.1	LiC	34.5	2.89	5.88	0.077	23.8	1360
6	Top.	30	25	7.5 YR 3/2	0.9	SCL	23.5	2.78	6.26	0.093	16.0	700
	Sub. 1	20		5 YR 2/1	1.3	LiC	28.4	1.73	6.63	0.042	14.1	870
7	Top.	30	24	5 YR 4/1	1.0	LiC	26.2	2.05	6.35	0.099	15.4	730
	Sub. 1	20		5 YR 2/1	1.5	LiC	28.4	1.37	6.66	0.044	13.8	760
8	Top.	30	30	2.5 Y 4/2	2.7	L	7.9	2.53	6.40	0.167	14.9	570
	Sub. 1	15		5 Y 4/1	2.3	SCL	16.4	1.47	6.78	0.064	10.1	520
	2	20		10 YR 4/2	3.0	SCL	18.2	1.26	6.63	0.066	11.6	710
9	Top.	25	18	10 YR 4/1	1.7	LiC	23.9	1.88	5.95	0.128	14.1	650
	Sub. 1	13		10 YR 4/1	2.6	LiC	26.9	1.26	5.78	0.077	12.7	710
	2	20		2.5 Y 3/1	1.5	LiC	26.3	1.71	5.81	0.064	15.7	1030
10	Top.	30	20	2.5 Y 4/1	3.2	SCL	18.6	1.81	6.37	0.106	10.1	520
	Sub. 1	14		5 Y 5/1	5.6	CL	20.3	1.01	6.06	0.075	8.4	550
	2	15		2.5 Y 4/2	18.0	SCL	20.5	1.44	5.94	0.069	10.7	850
11	Top.	25	18	5 Y 4/1	5.6	CL	22.1	2.47	5.93	0.145	13.9	600
	Sub. 1	20		10 YR 4/2	10.0	SCL	19.8	1.33	6.05	0.052	9.4	670
12	Top.	30	24	5 Y 4/1	9.9	CL	22.4	3.03	5.31	0.521	17.0	570
	Sub. 1	20		10 YR 4/3	23.8	SCL	23.2	1.28	5.97	0.100	11.5	700
13	Top.	20	18	10 YR 3/2	12.7	CL	21.1	1.91	7.07	0.111	12.6	590
	Sub. 1	15		10 YR 5/4	49.4	CL	23.2	0.82	7.03	0.054	11.9	640
14	Top.	30	22	2.5 Y 4/1	5.0	CL	23.2	2.58	6.10	0.588	18.2	720
	Sub. 1	18		2.5 Y 5/3	6.9	CL	20.4	1.44	6.11	0.163	12.4	940
	2	10		2.5 Y 5/1	26.3	SCL	15.5	1.08	5.93	0.130	10.7	770
15	Top.	28	30	2.5 Y 5/2	16.2	CL	21.7	3.80	6.49	0.568	23.9	1000
	Sub. 1	15		2.5 Y 4/1	18.3	CL	21.4	2.81	7.00	0.197	20.2	920
	2	20		10 YR 3/2	17.3	L	13.3	2.48	6.66	0.241	24.4	1650
16	Top.	30	24	10 YR 4/2	18.1	CL	23.2	3.27	6.50	0.119	20.6	790
	Sub. 1	20		2.5 Y 5/2	11.2	CL	22.5	1.70	6.28	0.058	18.3	1190
17	Top.	28	22	10 YR 5/2	8.0	L	8.0	2.83	4.86	0.096	15.7	670
18	Top.	30	36	10 YR 4/2	6.1	CL	20.2	2.83	5.89	0.301	14.5	550
	Sub. 1	13		10 YR 4/1	4.5	SCL	20.5	2.36	6.04	0.112	12.3	500
	2	15		5 Y 4/1	6.5	SL	7.1	0.99	6.24	0.073	6.8	400
19	Top.	30	32	2.5 Y 4/1	8.2	CL	15.8	2.38	6.69	0.321	12.7	630
	Sub. 1	20		10 YR 4/1	5.4	SCL	21.1	2.18	6.21	0.138	10.1	560
20	Top.	30	28	2.5 Y 4/1	6.8	L	13.4	2.34	6.85	0.198	14.1	640
	Sub. 1	20		10 YR 4/2	4.9	SCL	19.2	1.86	6.86	0.081	9.5	610
21	Top.	37	27	10 YR 4/2	5.7	CL	21.0	2.84	6.29	0.481	17.0	700

* Air-dry original soil ** Oven-dry soil

Table 2. Nitrogen status in topsoils

		Total N	Organic N	TC*/ON	Inorganic N (IN) mg/100g	NO ₃ -N		Inorganic N produced**	
		%	(ON) %			mg/100g	% of IN	mg/100g	% of ON
A(n=9)	Maximum	0.278	0.274	11.7	8.20	6.73	93.6	9.89	4.17
	Minimum	0.185	0.177	10.1	2.89	2.43	46.5	6.27	2.91
	Average	0.238	0.233	11.0	4.98	3.90	80.3	8.28	3.57
	s***	0.028	0.029	0.5	1.76	1.32	12.7	1.18	0.37
B(n=12)	Maximum	0.426	0.401	11.9	26.86	25.70	95.9	13.06	3.89
	Minimum	0.174	0.172	8.9	1.22	0.61	50.0	4.26	1.31
	Average	0.273	0.263	10.3	10.85	9.92	84.7	7.52	2.89
	s***	0.071	0.064	0.9	9.27	8.85	12.9	2.53	0.71
A+B(n=21)	Average	0.258	0.250	10.6	8.33	7.34	82.8	7.84	3.18
	s***	0.059	0.054	0.8	7.68	7.37	13.0	2.10	0.68

* Total C ** In 2 weeks aerobic incubation at 30°C *** Standard deviation

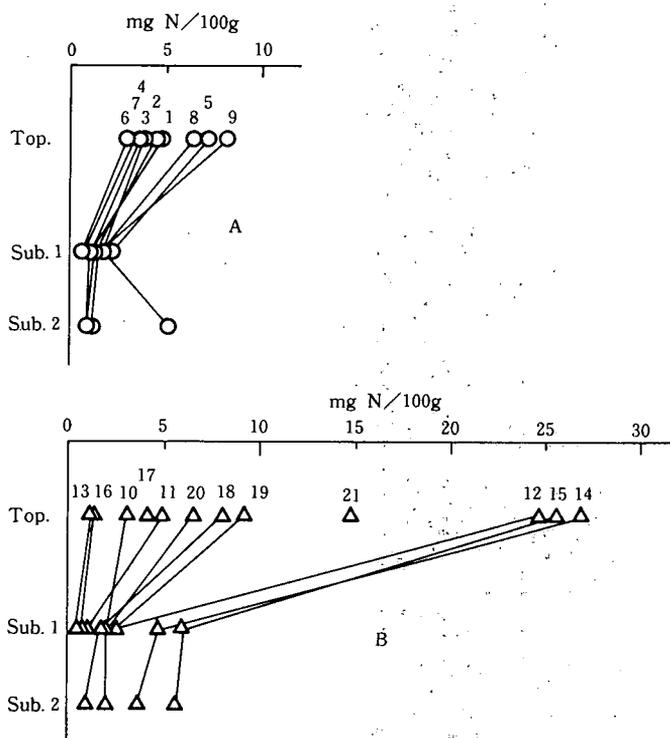


Fig. 2. Inorganic nitrogen contents in topsoils and subsoils.

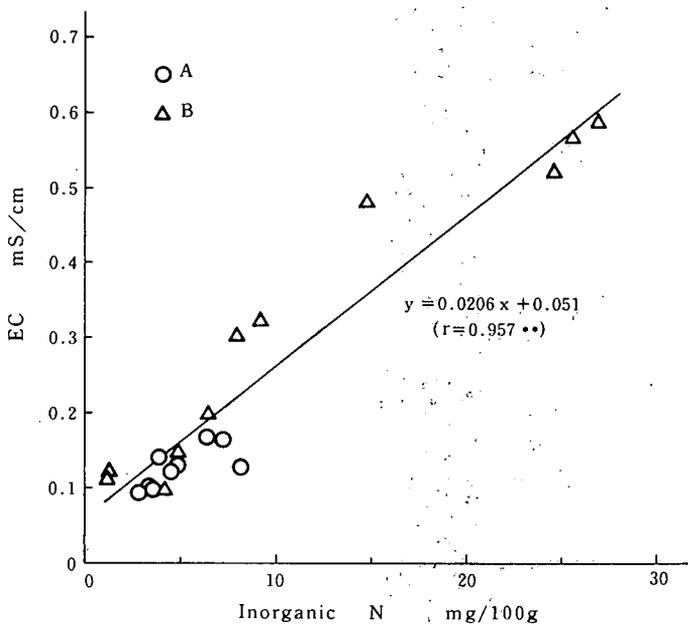


Fig. 3. Relationship between inorganic nitrogen content in topsoils and EC for their water suspensions.

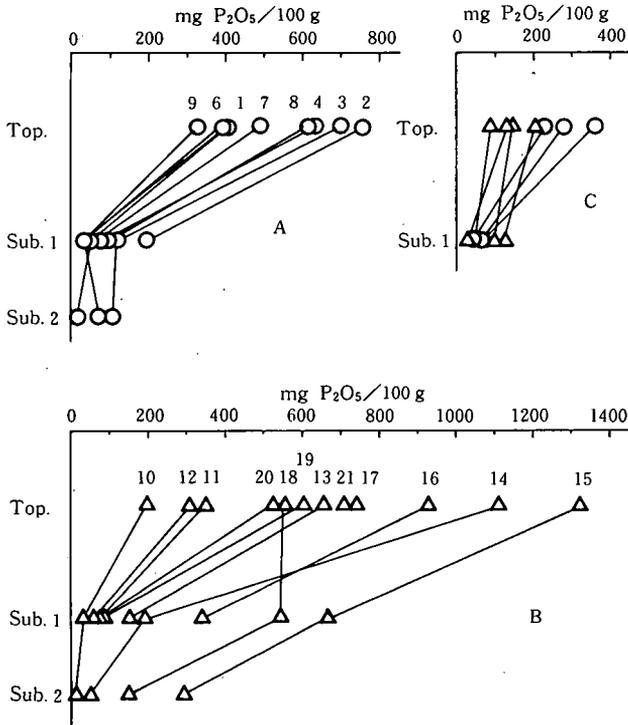


Fig. 4. Inorganic phosphorus contents in topsoils and subsoils.

下層土の無機態窒素含量は一般に低い、作土の無機態窒素含量が高い上記Bの土壌(14, 15)においては乾土 100 g 当たり 5 mg 前後の比較的高い値を示す。既述のとおり、本地域のイチゴ栽培においては、基肥、堆肥等の施用から約50日間あるいはそれ以上の期間、土壌は露地状態に保たれる。佐川町における1982年8~10月の雨量は次のとおりである(高知県畜産試験場測定)。8月 426 mm, 9月 492 mm, 10月 661 mm。露地期間にかなりの雨量があり、また台風による大雨の影響も受けている。露地期間に作土から無機態窒素の一部が溶脱され、下層へ移行したことが考えられる。

3. リン酸の集積実態 作土および下層土のリン酸含量を調査した結果は Table 3., Fig. 4. ~ Fig. 6. に示すとおりである。

Table 3. Phosphorus status in topsoils

		Inorganic phosphorus*	Truog-p*	Water soluble phosphorus*
A(n=9)	Maximum	762	296	20.9
	Minimum	332	96	10.4
	Average	525	179	14.7
	s**	147	64	3.5
B(n=12)	Maximum	1325	455	37.8
	Minimum	201	96	12.2
	Average	668	269	26.0
	s**	315	119	7.7
A+B(n=21)	Average	606	231	21.1
	s**	266	109	8.4
C(n=7)	Maximum	363	81	10.1
	Minimum	87	16	3.3
	Average	206	47	6.1
	s**	89	23	2.0

* mgP₂O₅/100g. ** Standard deviation

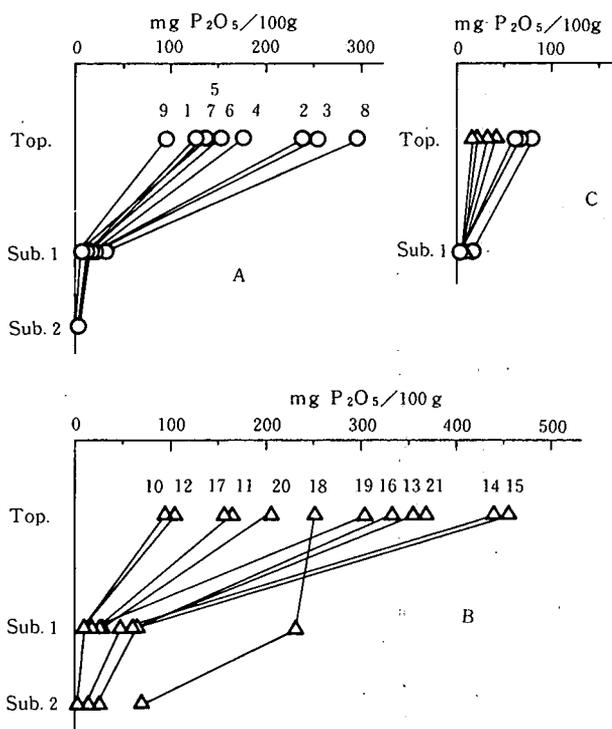


Fig. 5. Truog-p contents in topsoils and subsoils.

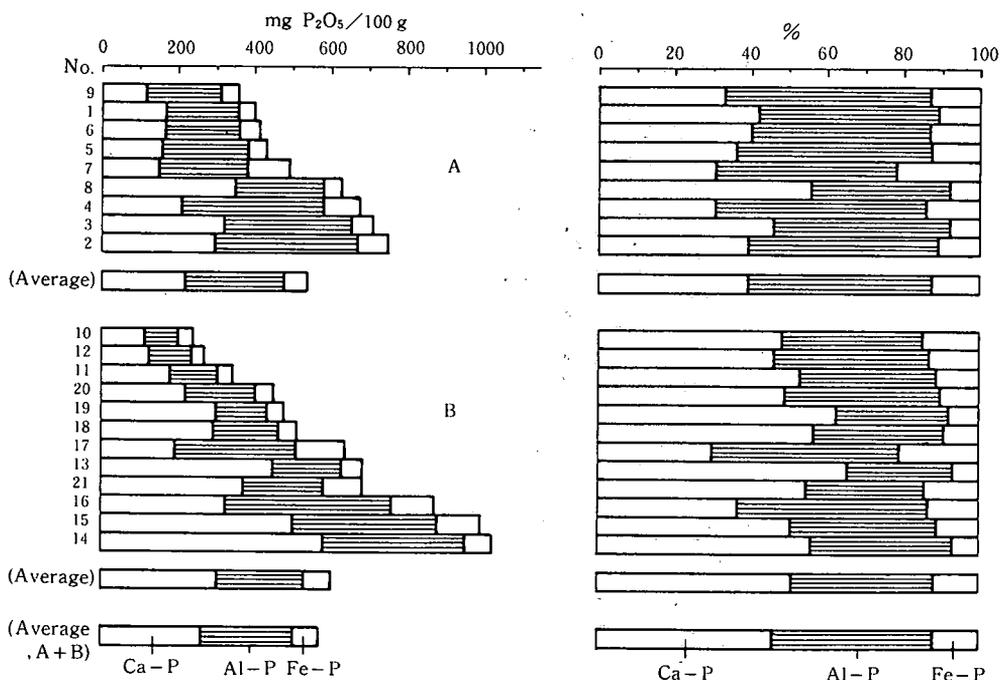


Fig. 6. Fractionation of inorganic phosphorus in topsoils by Egawa-Sekiya method.

作土の無機態リン酸含量は一般に高い値を示す。平均値でA<Bの関係があるが、いずれも対照水田土壌Cの値に比べて高い。Aでは土壌による差は比較的小さいが、Bではその差が大きく、Cと同程度の含量の土壌から乾土 100 g 当たり 1000 mg 以上の含量を示す著しいリン酸集積土壌まで存在する。作土における無機態リン酸の主な集積形態は Ca-P と Al-P であり、Fe-

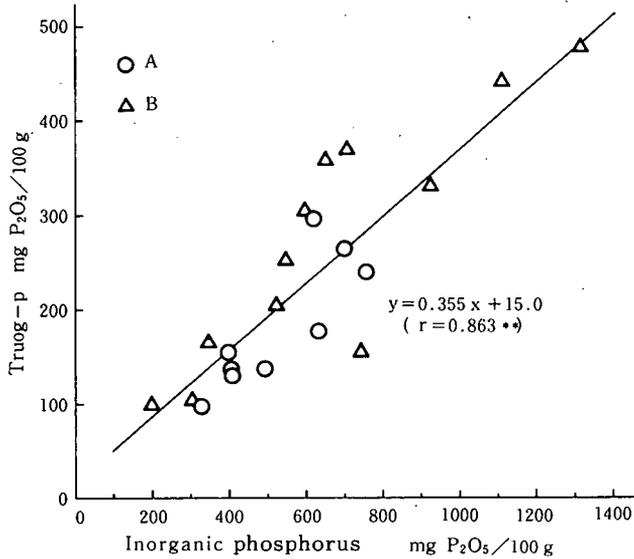


Fig. 7. Relationship between inorganic phosphorus and Truog-p contents in topsoils.

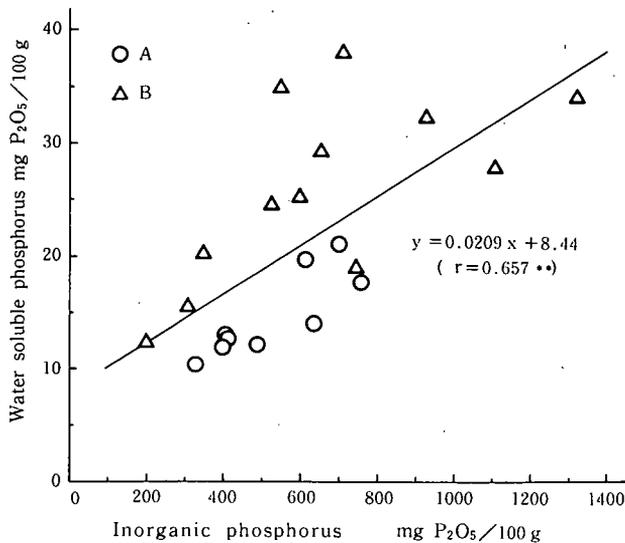
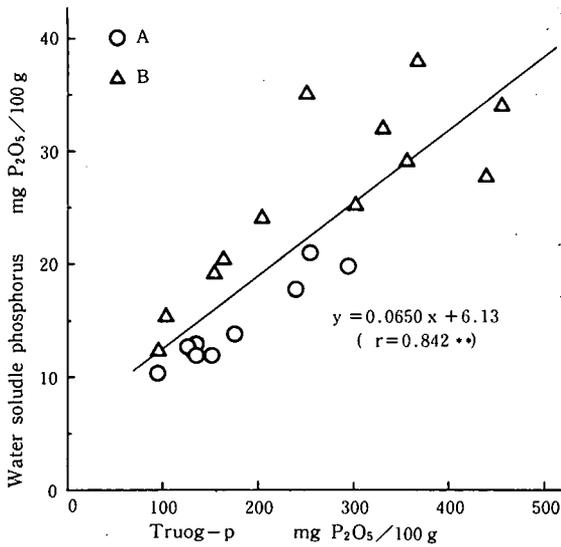


Fig. 8. Relationship between inorganic phosphorus and water soluble phosphorus contents in topsoils.



Pの集積は比較的少ないことが認められる。黒ボクの影響を受けていると考えられるAでは $Ca-P < Al-P$ の関係を示す土壤が多く、Bでは逆に $Ca-P > Al-P$ の関係を示す土壤が多い。作土のトルオーグ・リン酸および水溶性リン酸も高い値を示す。トルオーグ・リン酸含量は乾土 100g 当たり 96~455 mg, 平均 231 mg であり、高知県におけるハウス土壤診断のための基準値⁹⁾ 30~40 mg を大きく越えている。Fig. 7.~Fig. 9. は無機態リン酸、トルオーグ・リン酸、および水溶性リン酸の各含量の間の関係を示したものである。各含量の間に高い相関が認められ、無機態リン酸の集積とともに可給態あるいは易溶性のリン酸が増大することがうかがわれる。

Fig. 10., Fig. 11. は連作年数と作土の無機態リン酸あるいはトルオーグ・リン酸の含量の関係を示したものである。連作とともに無機態リン酸およびトルオーグ・リン酸はその含量を増し

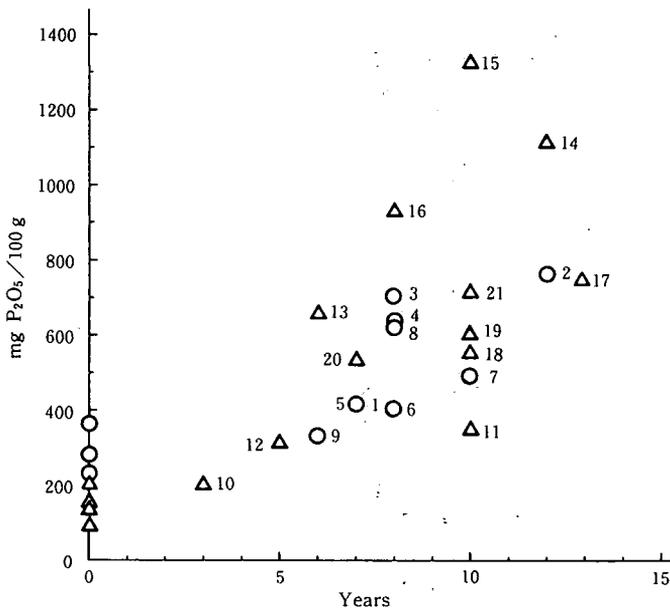


Fig. 10. Relationship between year of continuous cropping and inorganic phosphorus content in topsoils.

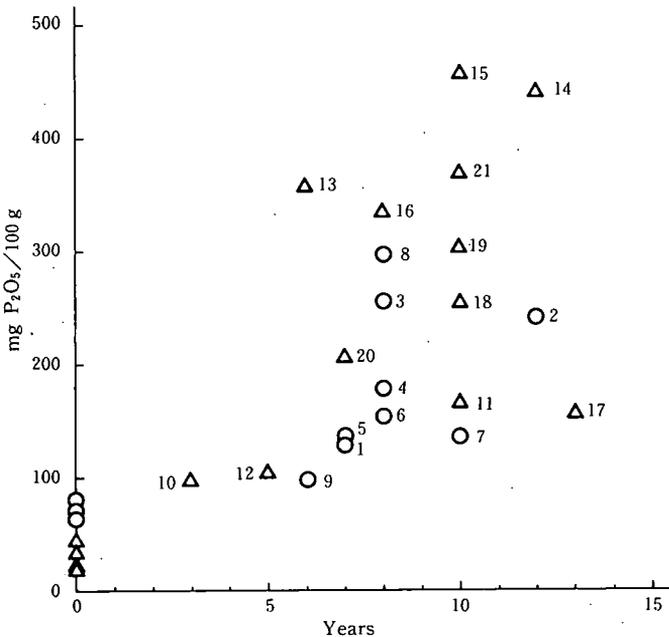


Fig. 11. Relationship between year of continuous cropping and Truog-p content in topsoils.

ていくと考えられるが、同一連作年数でも土壌により集積量がかなり異なる。連作年数との関係でみてBに集積の著しい土壌が多い。

イチゴの収量を 10 a 当たり 3.7 t (佐川町における平均収量²¹), 100 kg 当たりのリン酸 (P₂O₅) 吸収量を 0.21 kg¹⁰⁾ とすると、イチゴ 1 作によるリン酸吸収量は 10 a 当たり約 8 kg となる。既述の施肥量と対比して作後に多量のリン酸が土壌に残ることがわかる。残ったリン酸の一部はイチゴ作後に栽培される水稻等による吸収、下層への移行等によって作土から失われるが、大部分は残留し、栽培の繰り返しによりその集積量を増していくと考えられる。永野、川原田地区においては、基肥としての「有機配合」、追肥としての液肥のほかに、慣行的に溶成リン肥が土壌改良資材として多量施用されている。昭和58園芸年度における施用量は最高で 10 a 当たり 100 kg 前後であるが、過去には 200 kg 程度が施用された年度もある。溶成リン肥 200 kg はク溶性リン酸で 40 kg に相当する。Bの土壌に認められる著しいリン酸集積には溶成リン肥の土壌改良資材的多量施用歴が関係をもつと考えられる。

Fig. 4. および Fig. 5. に示すように、一般に下層土の無機態リン酸およびトルオーグ・リン酸の含量は低い、B中にかかなり高い値を示す土壌が存在する (15, 16, 18)。既述のとおり無機態リン酸含量の高い土壌は易溶性リン酸の含量も高い傾向がある。リン酸集積が著しく透水性の高い上記Bの土壌においては、作土の無機態リン酸の一部が雨水 (露地期間) あるいは灌漑水 (イチゴ作後の湛水処理、水稻作期間) に溶解して下層へ移行し、集積したことが考えられる。これらの土壌においては深耕などの作業歴はないが (聞き取り調査)、耕耘作業中に作土と下層土の部分的混合がおり、下層土のリン酸富化がおこった可能性もある。Aにおいては毎年イチゴ作後に湛水処理あるいは水稻作がおこなわれ、Bよりも降水の影響を強く受けていると考えられるにもかかわらず、下層土における無機態リン酸およびトルオーグ・リン酸の含量はBに比べて低い。作

土におけるリン酸集積量が比較的少ないこと、黒ボク混入により作土のリン酸吸着性が比較的高いことなどが関係していると考えられる。

4. 塩基の集積実態 作土および下層土の交換性塩基(以下、塩基と略称)含量を調査した結果は Table 4., Table 5., Fig. 12.~Fig. 15. に示すとおりである。

Table 4. Contents of exchangeable bases in topsoils

		CaO mg/100g	MgO mg/100g	K ₂ O mg/100g	Ca meq/100g	Mg meq/100g	K meq/100g	Ca+Mg+K meq/100g
A(n=9)	Maximum	344	51	59	12.28	2.52	1.25	14.99
	Minimum	212	31	27	7.56	1.53	0.58	10.32
	Average	268	40	38	9.55	1.98	0.81	12.35
	s*	39	7	10	1.38	0.34	0.20	1.48
B(n=12)	Maximum	436	106	123	15.55	5.25	2.61	23.40
	Minimum	161	20	19	5.73	1.01	0.41	7.15
	Average	290	54	61	10.32	2.68	1.30	14.30
	s*	80	20	25	2.87	1.01	0.54	4.08
A+B(n=21)	Average	280	48	51	9.99	2.38	1.09	13.46
	s*	67	18	23	2.38	0.87	0.49	3.37
C(n=7)	Maximum	267	30	17	9.52	1.48	0.36	11.00
	Minimum	118	17	8	4.21	0.83	0.17	5.43
	Average	211	22	11	7.52	1.11	0.23	8.86
	s*	47	4	3	1.67	0.20	0.07	1.77

* Standard deviation

Table 5. Percentages of base saturation in topsoils

		Ca	Mg	K	Ca+Mg+K
A(n=9)	Maximum	70.3	16.3	7.3	91.3
	Minimum	48.3	9.4	2.9	63.2
	Average	56.7	11.8	4.9	73.4
	s*	6.8	2.3	1.4	8.3
B(n=12)	Maximum	112.2	22.1	11.1	134.7
	Minimum	36.6	6.5	2.6	45.6
	Average	66.5	16.9	8.1	91.5
	s*	18.2	4.4	2.2	21.5
A+B(n=21)	Average	62.3	14.7	6.7	83.8
	s*	15.3	4.4	2.5	19.3
C(n=7)	Maximum	74.2	10.2	2.4	85.1
	Minimum	29.9	4.9	1.1	38.5
	Average	49.2	7.3	1.5	58.0
	s*	14.0	1.9	0.54	15.5

* Standard deviation

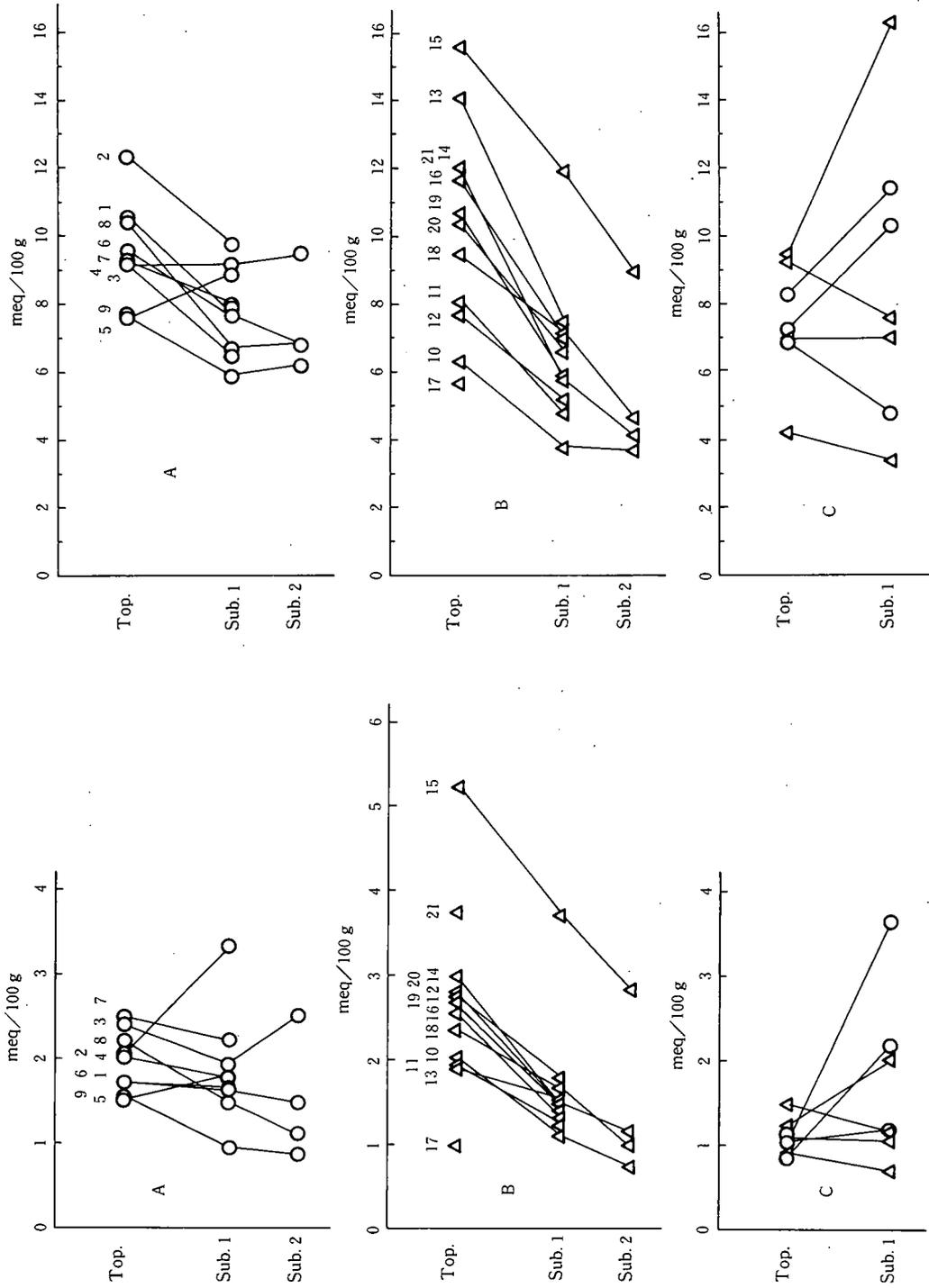


Fig. 12. Exchangeable calcium contents in topsoils and subsoils.

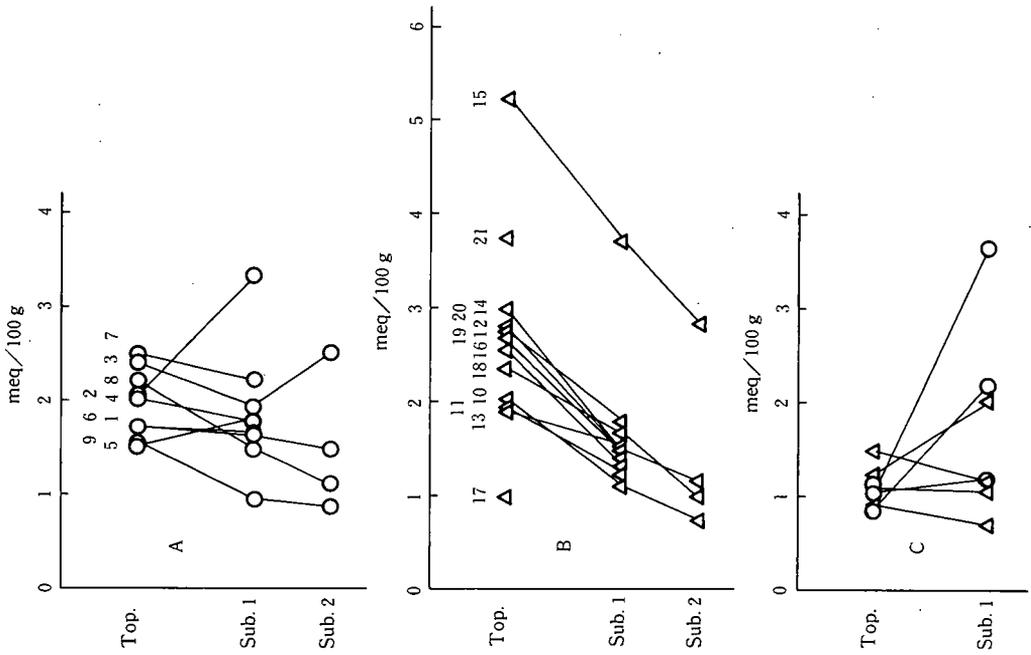


Fig. 13. Exchangeable magnesium contents in topsoils and subsoils.

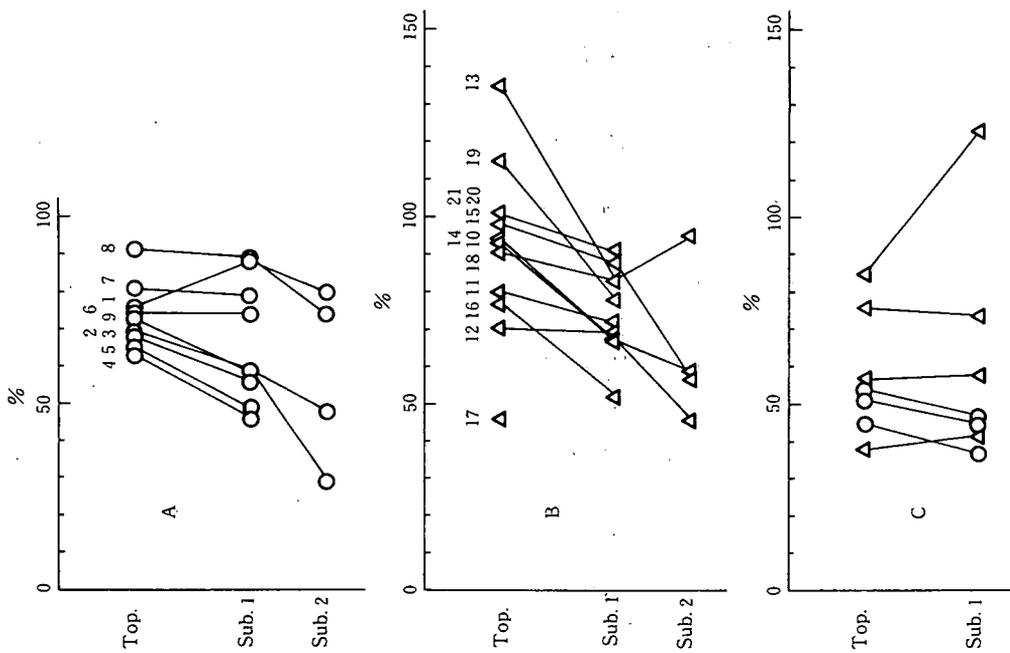


Fig. 15. Base saturation-percentages in topsoils and subsoils.

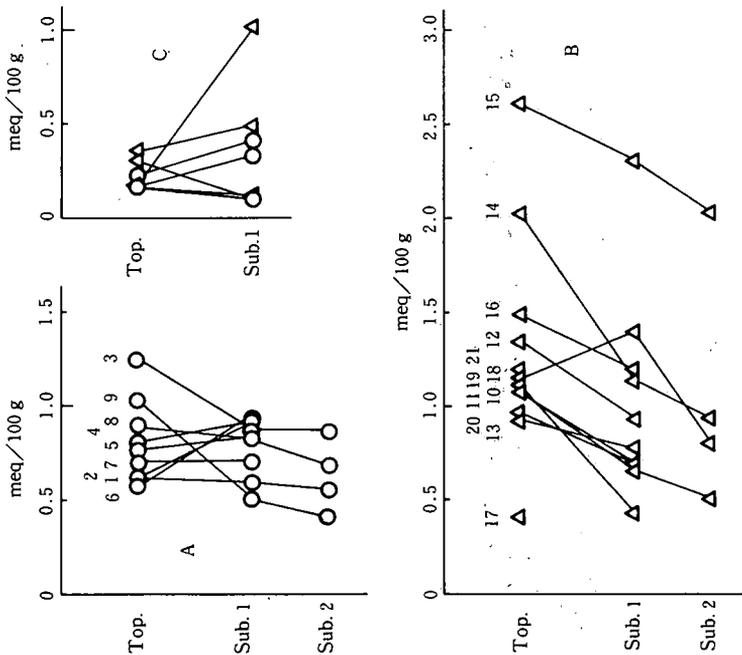


Fig. 14. Exchangeable potassium contents in topsoils and subsoils.

作土の各塩基の含量を平均値と比較すると、いずれもA<Bの関係がある。窒素、リン酸の場合と同様にAで土壌間の差が比較的小さく、Bでその差が大きい。高知県においてはハウスの土壌のpH および塩基組成について次のような基準⁹⁾が示されている。pH 5.5~6.5, 塩基含量(乾土 100 g 当たり) CaO 250~300 mg, MgO 30~40 mg, K₂O 30~40 mg (Ca 10

~12 meq, Mg 2.0~2.2 meq, K 1.0 meq)。これらの基準値と対照すると、Aにおいては各塩基の含量は基準値付近か、これよりやや低い値を示す。Bにおいては土壌によって著しく異なり、基準値に比べかなり低い含量の土壌から基準値を著しく越える高含量の土壌まで存在する。Fig. 16. は土壌の pH と塩基飽和度の関係を示したものである。両値の間に高い相関が認められる。この図からAの土壌の pHは上記基準値内にあり、塩基飽和度は60~80%で大部分がほぼ適当なレベルにあると考えられるが、Bにおいては基準値より高い pHを示し、塩基飽和度も100%前後の土壌が大部分で、塩基過剰の傾向が認められる。

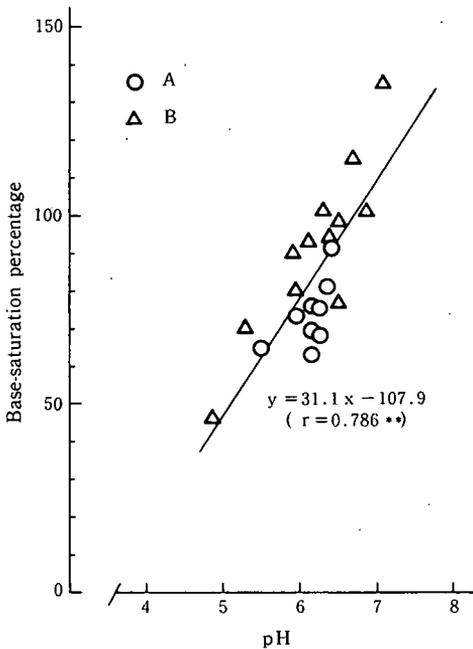


Fig. 16. Relationship between pH and base-saturation percentage in topsoils.

下層土の各塩基の含量および塩基飽和度については、Aにおいては作土と同程度の、あるいは若干低い値を示す土壌が多く、Bにおいては作土よりかなり低い値を示す土壌が多い。しかし、A、Bのいずれにおいても下層土の各塩基の含量ならびに塩基飽和度は低くはなく、下層土において塩基富化が進んでいることがうかがわれる。

以上のような土壌の塩基集積状態に関係する主な因子としては、肥料あるいは土壌改良資材の施用、作物による吸収、露地期間の降雨の影響、イチゴ作後の湛水処理あるいは水稻栽培の期間中の灌漑水の影響などが考えられる。

カルシウムおよびマグネシウムは炭酸苦土石灰、溶成りん肥、苦土重焼りん、堆肥などの形で、カリウムはわら、堆肥、「有機配合」、液肥などの形で土壌に施用される。炭酸苦土石灰については、ここ数年施用が控えられているが、以前は10 a 当たり 100~200 kg の施用が毎年慣行的におこなわれていた。この量はアルカリ分で 50~100 kg、ク溶性苦土で 8~16 kg に相当する。Bの大部分については、さらに溶成りん肥の多量施用歴がある。10 a 当たり 200 kg の施用はアルカリ分で 100 kg、ク溶性苦土で 30 kg に相当する。イチゴによるカルシウム (CaO)、マグネシウム (MgO)、カリウム (K₂O) の吸収量を収穫物 100 kg 当たりそれぞれ 0.51, 0.07, 0.82 kg¹⁰⁾、イチゴの収量を 10 a 当たり 3.7 t (佐川町における平均収量²⁾) として 10 a 当たりの各塩基の吸収量を試算すると、それぞれ 15.1, 2.1, 24.6 kg となる。吸収量に比べ塩基、特にカルシウムとマグネシウムの施用量がいかに多いかがわかる。

既述のとおり、土壌改良資材や基肥の施用から土壌表面にマルチが施されるまで、あるいはハウ

スのビニール張りまでに約50日間の露地期間がある。この期間にかなりの雨量があり、作土の塩基の一部が雨水によって下層へ移行することが考えられる。イチゴ作後に湛水処理あるいは水稲栽培をおこなう場合は、水稲、雑草、藻類などにより作土塩基が吸収されるほか、降水によって塩基が作土から下層へ運ばれることが考えられる。今1日に30 mmの減水がある水田で1か月湛水状態が維持されたとすると、10 a 当たり900 klの水が作土層を通過することになる。湛水水自体も塩基を含み、塩基飽和度の低い土層を通過する場合は塩基富化の作用を、飽和度の高い土層に対しては溶解作用を示すと考えられる。また、還元下で生成する2価鉄イオン、2価マンガンイオンは土壌のカチオン交換平衡に影響を与え¹¹⁾、各塩基の液相に存在する割合を増大させ、塩基の作土から下層への移行を促進する作用を示すと考えられる。対照水田土壌Cにみられる下層土における塩基の集積傾向はこれらの作用を反映していると考えられる。Aの下層土における各塩基の含量および塩基飽和度は作土に近い値を示している。上記のような作用で作土から塩基の一部が溶脱し、下層土は湛水水よりも塩基濃度の高い浸透水と接触して塩基の富化を受けた結果であると考えられる。Bにおいては、A、Cと対照的に作土集積が著しく、下層土における塩基含量および飽和度は作土に比べて一般に低い。しかし、下層土のこれらの値そのものは低くはなく、露地期間の降雨、2～数年間に1回おこなわれる作後の湛水処理あるいは水稲栽培の期間中の湛水水により、作土から下層土への塩基移動がおり、下層土はその都度湛水水よりも塩基濃度の高い浸透水と接触して塩基富化を受けた結果であると考えられる。

謝 辞 本研究をおこなうに当たって調査ハウスの選定、聞き取り調査、土壌採取、その他について佐川町斗賀野農業協同組合の森正彦氏ならびに森田利克氏にご配慮とご援助を賜った。また、土壌分析については昭和58年度農学部農芸化学科土壌学・肥料学専攻生梯美仁、古川幸治の両氏に負う所が大きい。記して感謝の意を表する。

要 約

高知県佐川町のイチゴ連作(3～14年)ハウスの作土と、下層土(厚さ20 cm, 一部30～40 cm)を栽培終了直後に採取し、養分集積実態について調査した。

1) 土層が比較的厚くイチゴ作後に慣行的に水稲栽培あるいは湛水処理がおこなわれる地区の9ハウスの土壌(A)と、下層の比較的浅い位置にれき層が存在し、水持ち不良でイチゴ作後に水稲栽培あるいは湛水処理がおこなわれることの少ない地区の12ハウスの土壌(B)に分類して調査した。

2) 作土の無機態窒素含量は乾土100 g 当たり、Aは2.9～8.2 mg, 平均5.0 mg, Bは1.2～26.9 mg, 平均10.9 mg であり、Bで土壌間の差が大きかった。無機態窒素の大部分は硝酸態窒素である。下層土の無機態窒素含量は低い、Bにやや高い値を示す土壌があった。

3) インキュベーション(畑状態)によって生成する無機態窒素量は比較的多く、作土に易分解性の有機態窒素が集積していることが認められた。

4) 作土の無機態リン酸(P_2O_5)含量は乾土100 g 当たり、Aは332～762 mg, 平均525 mg, Bは201～1325 mg, 平均668 mg であった。Bで土壌間の差が大きく、またBに著しいリン酸集積土壌が存在することが認められた。

5) 作土における無機態リン酸の主な集積形態はカルシウム結合型とアルミニウム結合型であり、鉄結合型リン酸の集積は比較的少ないことが認められた。Aではカルシウム結合型<アルミニウ

ム結合型の土壌が多く、Bではカルシウム結合型>アルミニウム結合型の土壌が多かった。

6) 作土のトルオーグ・リン酸および水溶性リン酸も高い値を示した。トルオーグ・リン酸 (P_2O_5) は乾土 100 g 当たり、Aは 96~296, 平均 179 mg, Bは 96~455 mg, 平均 269 mg であった。

7) 作土の無機態リン酸, トルオーグ・リン酸, 水溶性リン酸の各含量の間に高い相関のあることが認められた。

8) 下層土の無機態リン酸およびトルオーグ・リン酸の含量は一般に作土に比べて著しく低いが、Bの中に特異的に高い含量を示す土壌があった。

9) 作土の交換性塩基含量 (乾土 100 g 当たり meq) は次に示すとおりであり、窒素、リン酸と同様にAで土壌間の差が比較的小さく、Bで大きかった。

A: Ca 7.6~12.3, 平均 9.6, Mg 0.53~2.52, 平均 1.98, K 0.58~1.25, 平均 0.81, Ca+Mg+K 10.3~15.0, 平均 12.4

B: Ca 5.7~15.6, 平均 10.3, Mg 1.01~5.25, 平均 2.68, K 0.41~2.61, 平均 1.30, Ca+Mg+K 7.2~23.4, 平均 14.3

10) 作土の塩基 (Ca+Mg+K) 飽和度は、Aにおいては 63~91 %, 平均73%, Bにおいては 46~135 %, 平均92%であり、Bに塩基集積の著しい土壌が存在することが認められた。

11) 下層土における交換性塩基の含量および塩基飽和度は、一般にかなり高い値を示し、作土からの塩基移動による塩基富化の傾向が認められた。

12) 以上のような各養分の集積状態, 集積状態におけるAとBの違いについては、肥料、土壌改良資材の施用量, 施用歴のほか、イチゴ作後の土壌管理, 連作年数などが重要な因子と考えられる。これらに基づいて二、三の考察をおこなった。

文 献

- 1) 上杉郁夫: 施設野菜の施肥合理化, 楠農報, 25, 19~28 (1971)
- 2) 中国四国農政局高知統計情報事務所: 昭和57年度農産物市町村別統計, p.11~12 (1983)
- 3) 農林省農林水産技術会議事務局: 新版標準土色帖 (1967)
- 4) Bremner, J. M. and Keeney, D. R.: Determination and Isotope-ratio Analysis of Different Forms of Nitrogen in Soils: 3, Exchangeable Ammonium, Nitrate, Nitrite by Extraction-distillation Methods, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 30, 577~582 (1966)
- 5) 土壌養分測定法委員会: 土壌養分分析法, p.235~239, 養賢堂 (1971)
- 6) Murphy, J. and Riley, P. R.: A Modified Single Solution Method for the Determination of Phosphorus in Natural Waters, *Anal. Chim. Acta*, 27, 31-36 (1962)
- 7) Truog, E.: The Determination of the Readily Available Phosphorus of Soils, *J. Amer. Soc. Agron.*, 22, 874-882 (1930)
- 8) 高知県農林技術研究所: 地力保全基本調査 高知県耕地土壌図 (1979)
- 9) 高知県園芸農業協同組合連合会: 園芸の手引き (野菜編), p.212 (1971)
- 10) 堀裕・嶋田永生: やさいの栽培と施肥, p.48~49, 日本硫安工業協会 (1970)
- 11) 川口桂三郎・川地武: 土壌の湛水下および乾燥過程におけるカチオン交換反応の意義, 土肥誌, 40, 89~95 (1969)

(昭和60年9月26日受理)

(昭和61年3月29日発行)

