

琉球大学学術リポジトリ

ジャーガル土壌の物理性改善に対するヒドロキシア ルミニウムの適用性(生産環境学科)

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学農学部 公開日: 2008-02-14 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大屋, 一弘, 儀間, 清, Oya, Kazuhiro, Gima, Yasushi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/3811

ジャーガル土壌の物理性改善に対する ヒドロキシアルミニウムの適用性*

大屋一弘**・儀間 清***

Kazuhiro OYA and Yasushi GIMA : Applicability of Hydroxy Aluminum to Improve Physical Properties of Calcareous Gray Upland Soil of Okinawa

Summary

Applicability of hydroxy aluminum to improve physical properties of calcareous upland soil, so called Jahgaru in Okinawa, was examined.

Hardness and adhesion of the soil were significantly alleviated by the addition of hydroxy-Al. Formation of water stable aggregate and water permeability were promoted by hydroxy-Al. The addition of hydroxy-Al resulted in a slight decrease of pH values but tended to raise EC of the soil. It gave negligible effects on CEC, soluble phosphate, phosphate absorption coefficient in the soil.

Green pod yield of bush type snap bean was favorably affected by the application of 2 to 6 tons of hydroxy-Al per hectare. Water intake rate that was determined in the field after harvesting the snap bean was found to improve with the hydroxy-Al application.

It was deemed that the tested hydroxy-Al was applicable to improve physical properties of this kind of soil without much adverse effects, if measures are taken to mix it thoroughly with the soil and to give enough water or rain to leach down the salt yielded by the addition of hydroxy-Al.

はじめに

沖縄でジャーガルと呼称される土壌は、泥灰岩或は泥岩に由来し、大部分は灰色台地土(耕地の約13%)⁷⁾に、一部は褐色低地土に区分される。この土壌は県内の他の土壌に比べて肥沃でありサトウキビの生産性も高い^{9,11)}。しかし、粘土部分にスメクタイトを含み^{6,16)}、重粘で、湿潤時の粘着性や、乾燥時の強い固結性のため、易耕性が不良とされ⁷⁾、また透水性も悪く⁹⁾、物理性に問題のある土壌である。

* 本報告の概要は1989年5月日本土壌肥科学会九州支部春季例会(宮崎)、及び1990年8月国際土壌学会大会(京都)において発表した¹⁰⁾。 ** 琉球大学農学部生産環境学科 *** 同農芸科学科(現在、沖縄県農業試験場)
琉球大学農学部学術報告 39:75~84(1992)

ヒドロキシアリミニウムは水田転換畑重粘土壤の物理性改良に数多くの試験がなされ、効果のあることが報告されている¹⁵⁾。但し、ヒドロキシアリミニウム施用に伴う土壤の酸性化及び電気伝導度 (EC) の上昇が起こること¹³⁾から、その対策の必要性も指摘されている。

先にOyaら¹²⁾は粘土含有量の高い(60%弱)ジャーガルの物理的性質に及ぼすヒドロキシアリミニウムの効果を報告したが、さらに実用的な見地から、ジャーガルに対するヒドロキシアリミニウムの適用性を探るため、ヒドロキシアリミニウムがジャーガルの物理性特に硬度、付着力、団粒形成、透水性などに及ぼす影響を調べ、更に土壤化学性(pH、EC、CEC、有効リン、リン酸吸収係数)、作物生育、栽培跡地の水インテークレートなどへの影響も調べたので、その結果を報告する。

実験材料及び方法

1. 供試土壤とヒドロキシアリミニウム

硬度、付着力、耐水性団粒、透水性のなどの物理性、及びpH、EC、陽イオン交換容量(CEC)、有効リン、リン酸吸収係数などの化学性測定には琉球大学附属農場3番圃場の表土(0~18cm)から採取風乾した細土を用いた。作物栽培及び跡地のインテークレート測定は上記農場9番圃場において行った。供試土壤の理化学性はTable 1に示したが、両土壤とも灰色台地土稻嶺統に属し、Entisolと見なされる⁶⁾。

Table 1. Physical and chemical properties of the soil

Soil	pH		EC (mS/cm)	CEC (me/100g)	Exchangeable bases				Base satu. (%)	Avail. phos. (mg P ₂ O ₅ /100g)	Phos. abs. coef
	H ₂ O	KCl			Ca	Mg	K	Na			
					(me/100g)						
Farm 3	7.8	6.8	0.25	23.1	62.9	5.8	0.56	0.14	300	2.1	1,510
Farm 9	7.9	7.1	0.43	22.5	51.5	6.3	0.73	0.32	262	19.3	1,100

Soil	Organic matter (%)	Particle size dist. of fine earth(%)				Texture	Color (dry)
		Coarse 2~0.2 mm	Fine s. ~0.02 mm	Silt ~0.002 mm	Clay <0.002 mm		
	Farm 3	1.1	2.2	20.2	45.4	32.3	Silty clay
Farm 9	2.3	2.5	16.1	47.3	34.2	Silty clay	2.5Y5/3(Y. brown)

ヒドロキシアリミニウムは多木科学(株)製ハイドラールC50Bを供試した。同製品は無色半透明、無臭、強酸性(pH2.5)、高EC(通常のECメーターで測定不可)であり、その他の既知性質³⁾は概略組成がAl(OH) 1.5、Cl 1.5、平均荷電1.5⁺/Al、比重1.202、Al当たりミリグラム当量18mg、Al含量5.49%、Cl含量8.78%であった。

2. 土壤の硬度測定

風乾土にヒドロキシアリミニウムが0, 5, 10, 20%となるように、稀釈した液で加え、充分にこねた後、小型木枠(1.5cmH x 4cmL x 1.5cmW)に充填し、水分蒸散が比較的緩やかになるまで風乾(約1週間)した。この土壤ブロックを木屋製硬度計にかけ、径1mm(加圧面積3.14mm²)の加圧棒で同ブロックを割るのに要した圧力を硬度とした。

3. 土壤の付着力測定

風乾土に前記同様にヒドロキシアリミニウムを加え、再び風乾し、それを100cc容金属性容器に詰め、

水漬して十分に湿らした後、常法¹⁾に従い土壤の付着力を測定した。

4. 土壤の耐水性団粒測定

風乾細土 1 kg づつをビニールシートに広げ、これにヒドロキシアルミニウムが 0, 1, 5, 10% 加わるように稀釈した液 300 ml をスプレーで均等に噴霧した。土壤となじませるためそのままビニールシートに包んで 24 時間室温でインキュベートした後、再度風乾してその一部をヨーダー型団粒分析装置で水中篩別¹⁾した。

5. 土壤の透水性測定

上のヒドロキシアルミニウム添加、風乾した土壤を 100 cc 容コアサンプラー用シリンダーに入れ、山中式土壤容積重テスターで均等に詰めてから、大起理化工業(株)の透水性測定装置で定頭水透水性²⁾を測定した。

6. 土壤の化学性測定

ヒドロキシアルミニウム添加及びその後の溶脱処理が土壤の化学性に及ぼす影響を調べるため、風乾土当たり 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6% のヒドロキシアルミニウムを稀釈液 (液量は各々 400 ml/kg 土壤) で加え、第一連の処理土壤はそのまま再度風乾し無溶脱土壤とした。第二連の処理土壤は底に排水用小孔を空けた 1 万分の 1 アールポット (高さ 15 cm × 直径 11.3 cm) に 1 kg づつ詰め、土壤重の 2 倍の水で溶脱した後風乾し、溶脱土壤とした。

これらの無溶脱及び溶脱土壤について pH、EC、CEC、有効態リン酸、リン酸吸収係数などを常法により測定した。すなわち pH は土 1 対水 2.5 のサスペンションをガラス電極 pH メータで²⁾、EC は土対水 1 : 5 のサスペンションを EC メーターで²⁾測定、CEC は酢安法²⁾により、有効態リン酸はトルオーグ法²⁾により、リン酸吸収係数は 2.5% リン酸アンモニウム液吸収法²⁾により測定した。有機炭素はクロム酸-硫酸による酸化法⁴⁾で、土性はピペット法⁴⁾で測定した。

7. 作物栽培

圃場 (各区画 7.5 m × 4 m) において、ヒドロキシアルミニウムが 0、200、400、600 kg/10 a 施用となるように 4 倍稀釈液を撒布し、そこにわい性サヤインゲン (*Phaseolus vulgaris* L. var. *humilis* Alef. 品種: サーベル) を 2 連で栽培し、根の成長及び緑莢収量を調べた。ヒドロキシアルミニウムは 1988 年 2 月にジョロで撒布し、直ちにロータリ耕うん機で耕やした。その後数回の降雨に当たった後、わい性サヤインゲンを 4 月 8 日に播種し、収穫は 6 月 18 日に行った。前作のメロンが多雨のため生育不良となり、途中で栽培を中止したので、メロンに施用した肥料の残効を期待しサヤインゲンには施肥を行なわなかった。

8. インテークレートの測定

サヤインゲンを栽培した跡地において、水のシリンダーインテークレート (深さ 18 cm) を常法¹⁾に従って測定した。測定はプロット当たり 2 箇所、処理区 (2 連) 当たり 4 箇所で行った。

結果及び考察

1. 土壤の硬度

ヒドロキシアルミニウム添加量と土壤硬度の関係は Fig. 1 に示す通り、ヒドロキシアルミニウムの添加量が増えるに従い、土壤硬度は直線的に低下した。土壤の硬度は水分含量によって左右されるが、硬

度測定サンプルの水分は7~8%で、この範囲内の水分含量の差は硬度に大きな影響はなかったと考えられる。

供試土壌は現場においてやや水分の多い状態で作業すると、その後固い土塊を形成し、農作業に不便をきたす性質があるが、ここで得られた結果から、ヒドロキシアリウムを施用した場合、土塊の形成が少ないか、或はその土塊が崩れ易くなり、農作業の効率を増進させる事が期待される。

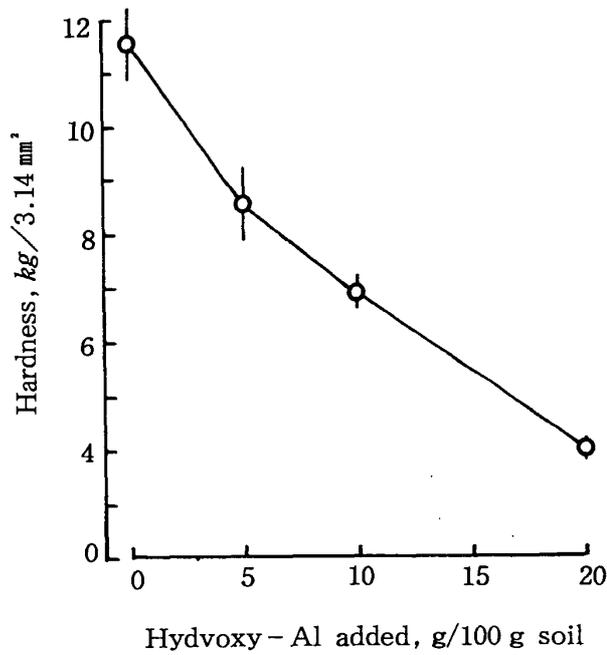


Fig. 1. Effect of hydroxy-Al on soil hardness (Vertical bars indicate standard deviation of 3 replicates.)

2. 土塊の付着力

ヒドロキシアリウムの添加により、土塊の付着力は著しく低下した (Fig. 2)。この土壌は僅かでも湿った条件で作業をすると、手足や農機具等に付着し、作業を極めて困難にする性質があるが、ヒドロキシアリウムを添加することにより、この難点が緩和され作業効率は向上すると考えられる。

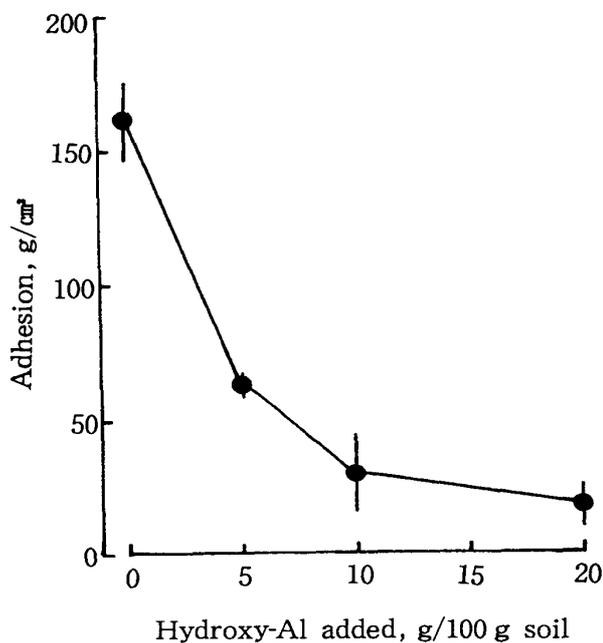


Fig. 2. Effect of hydroxy-Al on adhesion of moist soil (Vertical bars are same as Fig. 1.)

3. 土壌の耐水性団粒

ヒドロキシアルミニウム添加に伴う耐水性土壌団粒の消長をFig. 3に示した。ヒドロキシアルミニウムにより0.1 mm以下の粒子は減少し、特に0.25~0.5 mmの団粒が増加した。団粒の下限粒径を0.25 mmとすると¹³⁾、ヒドロキシアルミニウム0, 1, 5, 10%添加における0.25 mm以上の団粒百分率はそれぞれ35, 38, 45, 47%となった。埴質土壌における団粒の多寡は通気性や透水性に大きな影響を及ぼすところであるが、後述するように実際にヒドロキシアルミニウムの団粒形成効果が、透水性の向上に示された。

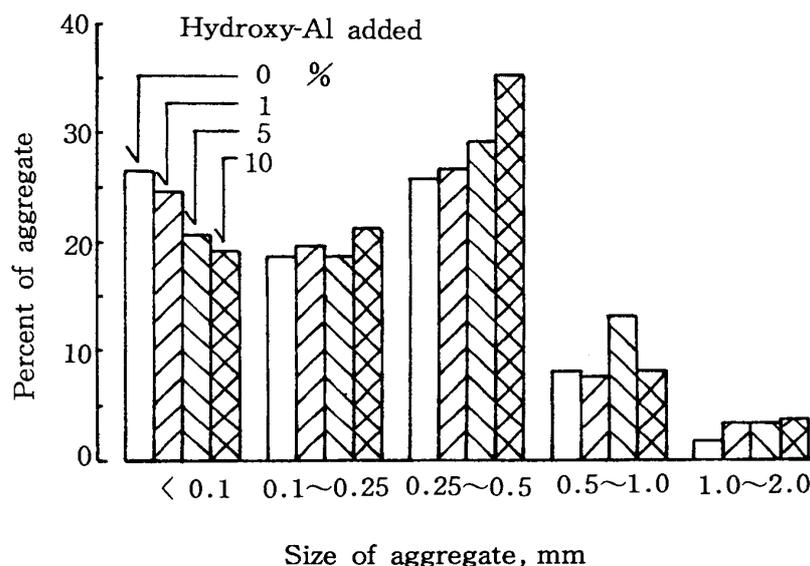


Fig. 3. Yield of water stable aggregate as affected by hydroxy-Al treatment

4. 土壌の透水性

供試土壌の透水性に及ぼすヒドロキシアルミニウム添加の影響をTable 2に示した。コントロールにおける透水係数は 3.72×10^{-3} cm/secであったが、ヒドロキシアルミニウム添加量が多くなると高くなり、10%添加では 9.76×10^{-3} cm/secとなり、ヒドロキシアルミニウムは供試土壌の透水性改善にかなり

Table 2. Effect of hydroxy-Al on permeability of the soil

Addition of hydroxy-Al (%)	Permeability coefficient* ($\times 10^{-3}$ cm/sec)	Relative value (%)
0	4.05 ± 0.08	100
1	4.69 ± 0.18	116
5	6.03 ± 0.10	149
1.0	9.85 ± 0.09	243

* Means of 2 replications and standard deviations

の効果を示した。

別に測定した供試土壌の全孔隙率はヒドロキシアリミニウム 0, 1, 5, 10%添加でそれぞれ65.5, 66.5, 66.8, 67.2%であった。ヒドロキシアリミニウムは前述の通り団粒形成に作用するが、それが全孔隙率を増加させる影響は小さい。しかし、透水性を向上させる効果は大きいと考えられる。スメクタイト質粘土の透水性向上にはヒドロキシアリミニウムの電荷の大きい方がより効果があると報告されている⁵⁾。

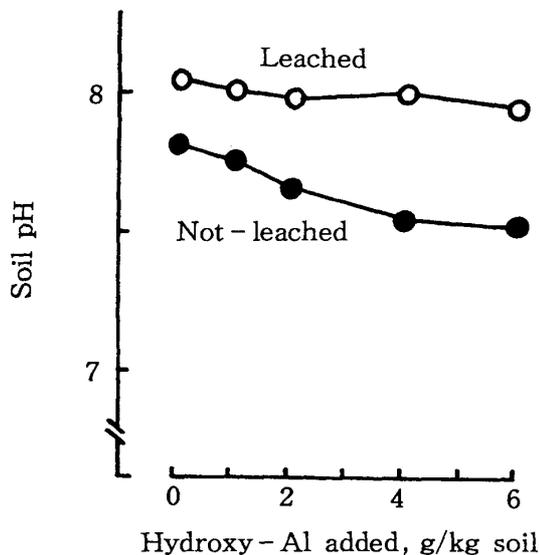


Fig. 4. Changes in soil pH by the addition of hydroxy-Al

は7.8 (コントロール) から7.6 (0.6%添加) へとやや低下したが、リーチング処理をすると土壌pHは殆ど変わらなかった。土壌によってはヒドロキシアリミニウムの添加に伴うpHの低下が問題となる場合があるが^{13,14)}、ここで使用した土壌はもともと石灰質でpHが高いため、試験した範囲のヒドロキシアリミニウム添加量ではpH低下の程度は小さく、更にリーチング或は灌水処理をすると酸性化は大して問題にならないと考えられる。

b. 土壌EC

ヒドロキシアリミニウム添加に伴う土壌ECの変化をFig. 5に示した。

一般にヒドロキシアリミニウム添加により、交換溶出する塩のため土壌ECが上昇し問題となるが、供試土壌においてもECは0.2mS/cm (コントロール) から0.7mS/cm (0.6%添加) へ直線的に上昇した。しかしリーチング処理をするとECの大きな変化は無かった。

ここで試験した添加量以上にヒドロキシアリミニウムを用いると、土壌ECは作物に有害な程度に容易に上昇すると考えられるので¹²⁾、ヒドロキシアリミニウム添加後のリーチング処理或は灌水は、作物栽培との関係では必要な対策と考えられる。

経験的には、ジャーガル土壌をフィールドからコアサンプラーで採取したサンプルの透水係数は、 10^{-4} ~ 10^{-5} cm/secとなる場合が多いが、ここでは風乾土壌をシリンダーに詰めたので、 10^{-3} オーダーの透水係数となった。

5. 土壌の化学性

a. 土壌pH

ヒドロキシアリミニウムを土壌重の0, 0.2, 0.4, 0.6%加え、その後のリーチング処理の有無が供試土壌のpHに与える影響をFig. 4に示した。

リーチング処理無しの場合、pH

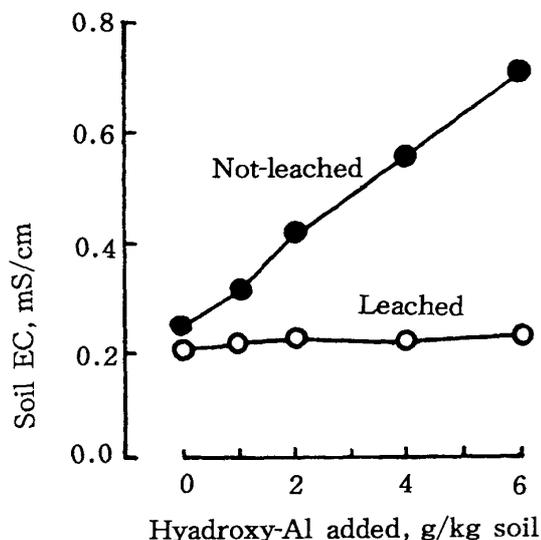


Fig. 5. Changes of soil EC by the addition of hydroxy-Al

c. 土壌CEC、有効リン、リン酸吸収係数

供試土壌のCEC、有効リン、リン酸吸収係数に及ぼすヒドロキシャルミニウム添加の影響をTable 3に示した。

Table 3. CEC, available phosphorus, and phosphorus absorption coefficient of the soil treated with hydroxy-Al

Leaching treatment	Hydroxy-Al added, g/kg soil				
	0	1	2	4	6
	CEC, me/100g				
Not-leached	22.3	22.4	22.3	22.6	21.9
Leached	22.5	22.9	22.3	22.6	22.4
	Available phos, mg P ₂ O ₅ /100g				
Not-leached	1.9	1.8	1.6	1.9	1.2
Leached	1.9	1.7	1.9	1.6	1.5
	Phos absorp coef, mg P ₂ O ₅ /100g				
Not-leached	1,460	1,470	1,490	1,460	1,490
Leached	1,460	1,460	1,420	1,420	1,420

ここで試験したヒドロキシャルミニウム添加量の範囲では、ヒドロキシャルミニウムによる影響は小さく、CEC、有効リン量、リン酸吸収係数のいずれの変化も測定誤差の範囲にあると思われた。白石¹³⁾

もヒドロキシャルミニウムの添加は土壌のリン酸吸収を高め、交換性陽イオンを減少させるが、その程度は実際上問題にならないであろうとしている。

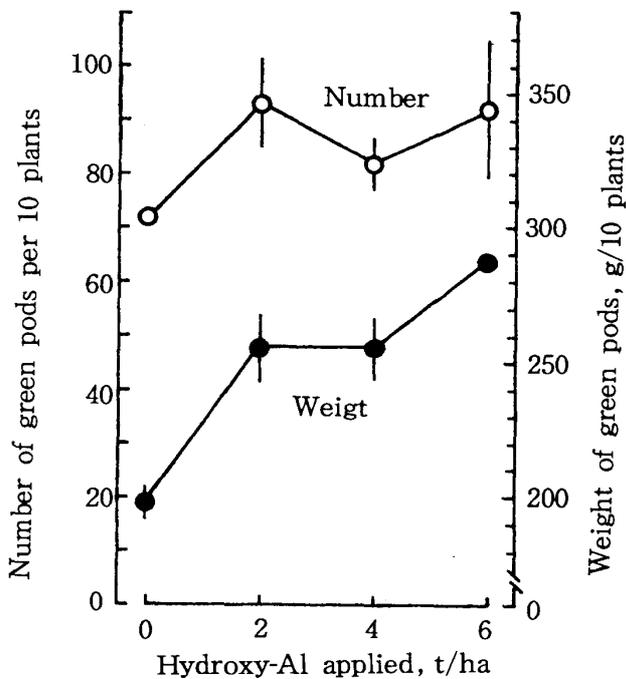


Fig. 6. Effect of hydroxy-Al on the yield of snap bean green pods (Vertical bars indicate standard deviation of 2 replicates.)

6. 作物の生育

ヒドロキシャルミニウム施用量とわい性サヤインゲン収量との関係をFig.6に示した。ヒドロキシャルミニウム施用による莢実数の増加は僅かであったが、莢実重の増加は著しく、200~600 kg/10 a 施用で無施用に比べ約30%高かった。ヒドロキシャルミニウム600 kg/10 a 施用区の1連で、異常に低い収量となったので、これを欠測値扱いし、推定値を統計的に算出して分散分析した場合、莢実重に及ぼすヒドロキシャルミニウム施用効果は有意(5%)で、コントロールと処理区間に有意差(Duncan's new multiple range test)があり、処理区間では有意差はなかった。根の伸長もヒドロキシャルミニウム処理区でやや良いことが観察された。

ヒドロキシアルミニウムポリマーは作物根に有害であることが知られているが¹⁷⁾、本実験では土壌の性質(石灰質)とヒドロキシアルミニウム使用量とのバランスから、有害なポリマーの溶出はなかったと考えられる。

栽培期間の4月上旬から6月中旬にかけての降雨は923 mm (平年479 mm)⁸⁾と例年になく雨の多い条件にあったが、ヒドロキシアルミニウム施用により土壌団粒が形成され、それに伴い通気・透水性向上などで、根の生育、呼吸さらに養分吸収や窒素固定などが過湿に阻害されることなく比較的順調におこなわれ、これが莢実の充実に影響したと考えられる。

7. インテークレート

サヤインゲン栽培後のヒドロキシアルミニウム処理区4地点のシリンダーインテークレート測定のうち、中央の2測定値をTable 4に示した。

Table 4. Effect hydroxy-Al on water intake rate of the soil

Hydroxy-Al treatment (Kg/10a)	Intake rate (mm/hr)	Relative value of constant (%)
0	241t ^{-0.20}	100
200	395t ^{-0.21}	164
400	691t ^{-0.21}	287
600	1.015t ^{-0.20}	421

処理区内においてもばらつきはあるものの、全体としてはヒドロキシアルミニウム施用によりインテークレートが向上していることが伺われた。ヒドロキシアルミニウムによる土壌の団粒形成がインテークレートに効果があったと思われるが、インテークレートは現場における土壌透水性の目安となるものであり、インテークレートが良くなればそれだけ過剰水の停滞が防がれ、土壌に対する作業が容易となる。作物に対しては根の生育や機能を助け、前述のように増収効果をもたらすと考えられる。

要 約

沖縄で耕地の13%以上を占めるジャーガルは、化学性は比較的良いが、物理性に難点がある。この土壌の物理性改良に向けた土壌改良剤ヒドロキシアルミニウム使用の適否を調べる目的で、ヒドロキシアルミニウムがジャーガルの物理性、特に硬度、付着力、透水性などに及ぼす影響を試験すると共に、土壌の化学性や作物生育に及ぼす影響を調べた。

琉球大学附属農場3番圃場から採取したジャーガルにヒドロキシアルミニウムを0, 5, 10, 20%添加したとき、風乾土塊の硬度は19.1 kgfから4.0 kgfに直線的に低下し、ヒドロキシアルミニウムが土壌硬度を著しく和らげる効果のあることが認められた。

同様の処理における湿土の付着力は161 g/cm² (100%) から18 g/cm² (11%) に低下し、ヒドロキシアルミニウムはジャーガルの粘りやべた付きを抑えるのに効果があると考えられた。

上と同じジャーガルサンプルにヒドロキシアルミニウム0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.6%加えると、pHに大きな変化は見られなかったが、ECはかなり上昇した。しかしヒドロキシアルミニウム添加後十分に

灌水（リーチング）するとECの上昇は抑えられた。またヒドロキシアルミニウム添加によるCEC、可給態リン酸、リン酸吸収係数などの量的変化に一定の傾向は認められず、これらの化学性に大きな影響は無いと考えられた。

ジャーガルの9番圃場でヒドロキシアルミニウムを10アール当り0, 200, 400, 600 kg施用して栽培したわい性サイインゲンは、地上部の生育に明確な差は無かったが、根の生育にはヒドロキシアルミニウム施用が好影響することが認められ、莢実は30%前後の増収となった。

サイインゲン栽培跡地のシリンダーインテクレート（水浸入度）はヒドロキシアルミニウム施用区でやや高くなり、土壌透水性の改善が伺われた。

以上よりヒドロキシアルミニウムはジャーガルの硬度を和らげ、付着力を抑え、透水性を向上させる効果があり、一方で化学性に与える影響は少なく、作物に好影響を及ぼすことが確認された。従ってヒドロキシアルミニウムは、施用後その偏在を防ぐための十分な耕うん（攪はん）、EC上昇を抑えるための十分な灌水（または雨にあてる）などを合理的に行なうなら、ジャーガルの物理性改良に有効な土壌改良剤になり得ると考えられた。

謝辞：本研究においてサイインゲンの栽培には本学部附属農場米盛重保助手に、耐水性団粒の測定に高山牧人君に協力を頂いた。記して謝意を表す。

文 献

1. 土壌物理性測定法委員会編 1972 土壌物理性測定法、p59~65、p168~172、p382~385、東京、養賢堂
2. 土壌標準分析・測定法委員会編 1987 土壌標準分析・測定法、p10~14、p14~22、p54~59、p70~71、74~76、p94~103、p124~127、p127~130、p150~154、p155~160、東京、博友社
3. 土壌改良剤研究会事務局 1981 土壌改良剤（ヒドロキシアルミニウム）の施用法について、ヒドロキシアルミニウムの利用に関する試験成績第1集、p175~178、九州土壌肥料研究会・土壌改良剤研究会
4. 土壌養分測定法委員会編 1970 土壌養分測定法、p127135、東京、養賢堂
5. Gawish, S., Wada, K., and Egashira, K. 1987 Effects of hydroxy-aluminum species, coexisting electrolytes, and drying on improvement of soil permeability by hydroxy-aluminum, *Soil Sci. Plant Nutri.*, 33(2): 261268
6. 松坂泰明・音羽道三・山田 裕・浜崎忠雄 1971 沖縄本島・久米島の土壌の分類について、農技研報、B: 305~404
7. 沖縄県農試 1979 地力保全基本調査総合成績書、p33~37、p40~43、p184、沖縄県農試
8. 沖縄气象台 1988 沖縄県気象月報、昭和63年4月~6月
9. 大屋一弘 1984 沖縄における畑土壌の特性と地力の問題、シンポジウム：沖縄の畑作—サトウキビを中心にして、日作紀、53(3): 340~346
10. Oya, K., and Gima, Y. 1990 Improvement of physical properties of problem soil of Okinawa by hydroxy aluminium (Hydral), 233~234, *Trans. 14th Intern. Cong. Soil Sci.*, ISSC
11. Oya, K., Nishigaki, S., Tokashiki, Y. and Oshiro, K. 1977 Yields and nutrient absorption of sugarcane as affected by fertility and management in selected soils of Okinawa, *Proc. of SEFMIA, Soc. Sci. Soil and Manure, Japan*, 472~279
12. Oya, K., Tiwari, S. P., and Tokashiki, Y. 1992 Effects of hydroxy aluminium on physical properties of a difficult soil of Okinawa, *Jpn. Trop. Agr.*, 36(2): 135~140
13. 白石勝恵 1979 ヒドロキシアルミニウムの土壌物理性改善効果に関する研究、第1報耐水性土壌団

- 粒の形成と土壤の化学的性質におよぼす影響、九州農試報、20：257～281
14. 白石勝恵 1980 同上、第2報 各種形態のアルミニウム塩の添加による土壤の物理的性質および化学的性質の変化の相違について、九州農試報、20：347～372
 15. 白石勝恵 1982 同上、第3報 土壤に対する施用効果、九州農試報、22：203～357
 16. 渡嘉敷義浩・比嘉 靖・大屋一弘・西垣 晋 1977 ジャーガルとその母材に関する研究 (第3報)、琉大農学報、24：205～215
 17. Wagatsuma, T., and Kaneko, M. 1987 High toxicity of hydroxyaluminum polymer ions to plant roots, *Soil Sci. Plant Nutri.*, 33(1): 57～67