

數種土壤改良劑對臺灣土壤性質之影響

1. Zeolite 對土壤理化性質之影響

徐 水 泉 王 新 傳 林 登 鴻

前 言

由於極度集約之農作制度與社會特殊要求之下，往往無法採用適當輪作制度以改良土壤或維持土壤良好性質。在此種環境之下，為提高單位面積之產量，或改良土壤性質，以適合吾人所需要作物的種植，使用土壤改良劑之可能性，頗有檢討之價值。因臺灣之自然環境與土壤性質之不同，特舉辦不同土壤改良劑對臺灣主要耕地土壤理化性質之影響，以提供土壤改良劑應用之根據。

本研究使用之土壤改良劑之範圍，不限於合成高分子類如 PVA 改良劑，而包括有機質改良劑及無機質天然礦物改良劑等。

Zeolite 係產於天然界的含水鹼性矽酸鋁 (Hydrated Alkali Aluminum Silicate) 礦物，因具有強大吸着作用，曾被採用為硬水軟化劑，脫色劑及乾燥劑等。

過去因天然界的發現不多，美國林達公司 (Linde Co.) 以合成方法製造人工 Zeolite，以供應市場之需要。但最近在日本發現大量 Zeolite 天然礦，價格低廉，隨即被應用為土壤改良劑。

在日本秋田縣，橫手市附近所產的 Zeolite 礦石為第三紀凝灰岩或頁岩，經經度熱作用或短期海水作用之變質生成物⁽¹⁾其主要礦物為沸石、高嶺土、蛋白石、石英及玻璃等，主要成分為 SiO_2 72.96%， Al_2O_3 9.92%， CaO 3.21%， Fe_2O_3 4.95%， MgO 痕跡， Na_2O 4.98%， K_2O 0.13% 及 H_2O 3.81%⁽²⁾。由於 Zeolite 本身之性質，Zeolite 之施用，似可增加土壤之水分，養分之保持力，並因本身所含之矽，鈣及鐵等要素可供給作物之需要，因而可增加作物的產量及提高其品質。根據日本田間試驗報告，Zeolite 之施用，可提高水稻，小麥之產量⁽³⁾及減輕大豆、玉米之發芽障害⁽⁴⁾。但因產地不同，所產出的 Zeolite 成分可能有所不同，同時因土壤之不同，其使用效果應有相當差異，故為明瞭日本產 Zeolite，對本省主要耕地土壤之理化性質改良效果，舉辦此試驗。

材 料 與 方 法

I 材料：

1. Zeolite:

採用臺北勝捷行進口之日本產品，商名為嘉禾立得。

2. 土壤：

採用本省耕地主要土壤五種即

中壠粘土（洪積層紅壤），彰化坵質粘壤土（粘板岩沖積土），臺北坵質壤土（砂岩、頁岩沖積土），花蓮坵質壤土（片岩沖積土）及鹿港壤質砂土（粘板岩沖積土）。其各種土壤之機械組成如表一。

表一 各種土壤之機械組成
Table 1 Particle Size Distribution of Soils

土 壤 Soil	粘 粒 Clay %	粉 粒 Silt %	砂 粒 Sand %
中壠粘 土 Chung-li Clay	44.2	26.4	29.4
彰化粉質粘壤土 Chang-hua Silt Clay loam	32.4	49.6	18.0
臺北粉質壤土 Tai-pei Silt loam	20.6	55.6	23.8
花蓮粉質壤土 Hua-lien Silt loam	18.0	68.0	14.0
鹿港壤質砂土 Lu-kang Loamy sand	8.2	11.8	80.0

II 實驗方法：

1. 處理：

將不同量之 Zeolite 添加於各種土壤，充分混合後，加水至田間含水量，保持一星期後風乾以供分析用。

Zeolite 添加量分爲五級，即每公斤風乾土壤添加 Zeolite (1)0.8g (2)4g (3)8g (4)16g及 (5)80g 等。

2. 分析方法：

爲究明 Zeolite 添加後之土壤理化性質之變化，就 Zeolite，土壤本身及各種處理土壤樣本，測定如次各項理化性質。(1)pH 值 (2)弱酸可溶矽 (Soluble silica)，(3)游離鐵 (Free iron)，(4)陽離子交換能量 (C. E. C.)，(5)吸濕係數 (Hygroscopic coefficient)，(6)最大含水量 (Maximun moisture holding capacity)，(7)水分當量 (Moisture equivalent)，並以計算方法估計(8)凋萎點 (Wilting point) 及 (9)有效水分 Available moisture)，其各項分析方法如下：

土壤反應：採用1：2之土壤：水分比以玻璃電極測定之。

弱酸可溶矽：今泉氏⁽⁵⁾之 pH4.0 酢酸緩衝液法。

游離鐵：淺見氏⁽⁶⁾之 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$ -EDTA 法。

陽離子交換能量：Peech 氏⁽⁷⁾之 pH7.0，1N 酢酸銨法。

吸濕係數：Mitschelrich 氏法⁽⁷⁾。

最大含水量：Hilgard 氏法⁽⁷⁾。

水分當量：Briggs-Mclane 氏⁽⁷⁾之離心法。

有效水分：水分當量 - 凋萎係數 = 有效水分。

凋萎係數：水分當量 \div 1.84 = 凋萎係數。

結果與討論

Zeolite 本身及添加不同量 Zeolite 後之各種土壤之有關理化性質之測定結果列表於表二，表內有關物理性質之測定數值係三重複中，較近兩個數據之平均值。

茲將根據表二表示之試驗結果按項分別討論之。

1. 土壤反應：

Zeolite 本身之 pH 值爲 4.8 而不同量 Zeolite 之添加對土壤反應在少量添加時均未有影響，除緩衝力較小的鹿港壤質砂土在 Zeolite 使用量 16g/kg 土壤時有影響外，其他土壤在使用量 80g/kg 時始有影響。土壤本身之 pH 值低於 4.8 之中壠粘土 (pH4.7) 其 pH 值只增加 0.1，而高於 pH 4.8 之其他土壤 pH 值均減低 0.1~0.2 左右，故在田間實際施用量情形下

表二 Zeolite 添加對土壤理化性質之影響

Table 2. The Relationship of Zeolite to the Physico Chemical Properties of Soils

土 壤 Soils	Zeolite Amount of zeolite added (g/kg Soil)	反應	弱酸 (Si O ₂ mg/100g) 可溶矽 Soluble silica	游 (Fe ₂ O ₃ %) 離 Free iron 鐵	陽 (me/100g) 離 C.F.C. 子交換能 量	吸 濕 係 數 Hygroscopic coefficient (%)	最 大 容 水 量 hold. capacity Max. moist. (%)	水 分 當 量 equivalent Moisture. (%)	凋 萎 點 Wilting Point (%)	有 效 水 分 moisture Available (%)
		pH								
	Zeolite	4.8	27.0	0.34	67.25	20.78	100.38	49.45	26.88	22.57
中 壠 粘 土 Chung-li Clay	0	4.7	12.3	4.13	13.37	5.54	48.26	19.83	10.78	9.05
	0.8	4.7	12.3		13.86	5.69	48.78	20.29	11.03	9.26
	4.0	4.7	12.3		13.86	5.71	48.79	20.27	11.02	9.25
	8.0	4.7	12.3		14.85	5.83	49.48	20.31	11.04	9.27
	16.0	4.7	13.3		16.09	5.83	49.64	20.60	11.20	9.40
彰化粉質粘壤土 Chang-hua Silty clay loam	80.0	4.8	13.8		18.81	9.12	53.40	23.38	12.71	10.67
	0	7.8	16.9	1.21	10.89	2.98	62.32	31.30	17.01	14.29
	0.8	7.8	19.3		10.89	3.13	63.16	31.36	17.04	14.32
	4.0	7.8	19.3		11.63	3.15	63.50	31.40	17.07	14.33
	8.0	7.8	19.5		12.13	3.25	64.16	31.60	17.17	14.43
臺北粉質壤土 Tai-pei Silt loam	16.0	7.8	20.4		12.62	3.45	65.56	31.82	17.29	14.53
	80.0	7.7	22.0		16.34	5.27	67.32	33.73	18.33	15.40
	0	5.2	6.0	1.79	10.15	2.66	50.26	21.17	11.51	9.66
	0.8	5.2	6.1		10.40	2.68	50.31	21.17	11.51	9.66
	4.0	5.2	6.1		10.40	2.73	50.33	21.36	11.61	9.75
花蓮粉質壤土 Hua-lien Silt loam	8.0	5.2	6.8		10.89	2.80	50.39	21.37	11.61	9.76
	16.0	5.2	6.9		13.12	2.94	50.71	21.81	11.85	9.93
	80.0	5.1	7.3		15.59	4.86	53.39	23.80	12.93	10.87
	0	7.8	6.0	0.77	7.76	1.23	65.16	23.24	12.63	10.61
	0.8	7.8	6.0		7.76	1.31	66.12	23.35	12.69	10.66
鹿港壤質砂土 Lu-kang Loamy sand	4.0	7.8	6.0		7.76	1.37	66.19	23.55	12.80	10.75
	8.0	7.8	6.5		8.09	1.40	66.42	23.72	12.89	10.83
	16.0	7.8	6.9		8.91	1.59	66.59	24.35	13.24	11.11
	80.0	7.6	8.8		12.85	3.42	68.12	28.53	15.51	13.02
	0	5.5	1.3	0.88	5.06	0.91	26.96	7.33	3.98	3.35
鹿港壤質砂土 Lu-kang Loamy sand	0.8	5.5	1.4		5.06	0.99	27.15	8.12	4.41	3.71
	4.0	5.5	1.5		5.31	1.03	27.52	8.16	4.43	3.73
	8.0	5.5	1.5		5.43	1.11	27.99	8.20	4.46	3.74
	16.0	5.4	1.5		5.93	1.28	28.54	8.25	4.48	3.77
	80.0	5.3	5.4		9.63	2.75	31.21	13.24	7.20	6.04

的 Zeolite 量，不致影響土壤反應之變化，由本實驗中獲得證實。

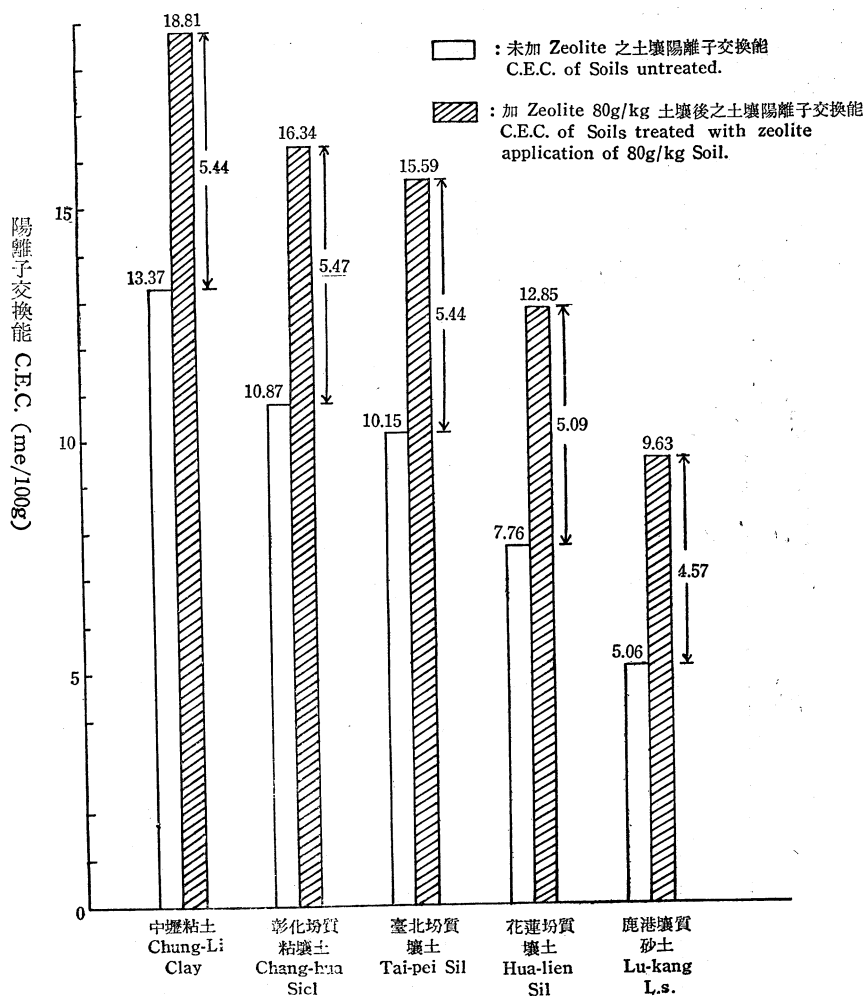
2. 弱酸可溶矽：

Zeolite 本身之弱酸可溶矽為 27mg/100g，雖比一般土壤含量較高，但仍未達到能作為矽肥之程度，不同量之 Zeolite 添加除對粘土含量較低之鹿港壤質砂土，在多量 (80g/kg) 加用

時，可溶性矽量有顯著增加（增加量為約 4mg/100g，增加比例為原土壤含量之約 300%）外，對其他土壤，雖有隨 Zeolite 量之增加稍有增加之現象，但無顯著效果。故 Zeolite 不適用於增加土壤中之有效性矽為主要目的而使用。

3. 游離鐵：

Zeolite 本身之游離鐵含量為 0.34% 比任何土壤之含量尤低，故多量之 Zeolite 使用在比例上可能減低土壤中之游離鐵含量。



圖一 Zeolite 對土壤陽離子交換能之影響
Fig 1. Effect of Zeolite on C.E.C. of Soils

4. 陽離子交換能量 (C. E. C.):

本次採用 Zeolite 本身之 C. E. C. (pH7.0) 為 67.25me/100g 根據 Grim⁽⁸⁾，純粹 Zeolite 之 C. E. C. 為 100~300me/100g 故所採用嘉禾立得可能摻雜純粹 Zeolite 以外之成份較多。添加不同量 Zeolite 後土壤 C.E.C. 有隨添加量之增加而增加之現象。

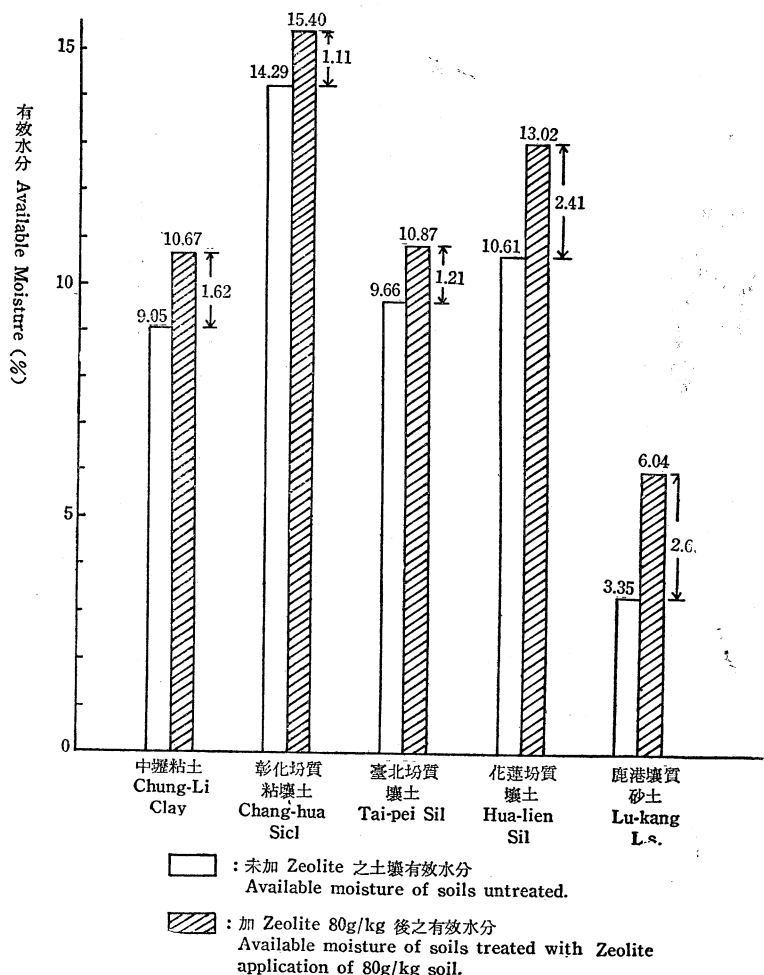
Zeolite 添加量在少於 8g/kg 時，C.E.C. 增加量較少，而 8g/kg 以上時，即增加量較顯著。由圖一可明瞭，在 Zeolite 添加量達到 80g/kg 時，土壤 C.E.C. 之增加量 (me/100g)，中壠粘土為 5.44，彰化坩質粘壤土 5.45，花蓮坩質壤土 5.09，鹿港壤質砂土 4.57。由表二已知

Zeolite 本身之 C.E.C. 為 67.25me/100g, 80g Zeolite 之 C.E.C. 應為 $67.25\text{m.e} \times 80\text{g}/100\text{g} = 54.28\text{m.e}$ 。今將 80g Zeolite 加入於 1,000g 之土壤時, 單由 Zeolite 添加而所增加土壤之 C.E.C. 在 100g 土壤中應為 $54.28\text{m.e} \times 100\text{g}/1,000\text{g} = 5.428\text{m.e}$ 。此數值與圖一表示之各種土壤之 C.E.C. 增加量 5.47—4.57m.e/100g 頗相近, 故添加 Zeolite 對土壤 C.E.C. 增加之效用, 可視為所加入 Zeolite 本身之 C.E.C. 之影響, 而不是 Zeolite 添加引起土壤性質之變化後產生之效用。

對原土壤本身之 C.E.C. 之增加百分率, 鹿港壤質砂土為 92%, 花蓮坊質壤土 65%, 臺北坊質壤土 53%, 彰化坊質粘壤土 50%, 中壢粘土 41%, 其增加比例, 隨土壤之粘土含量減少而增加。由上述結果可知 Zeolite 施用於粗質地土壤時, 其 C.E.C. 增加效果, 比施用於細質地土壤時較大。

5. 吸濕係數:

在溫度 25°C, 10% H₂SO₄ 溶液之水蒸氣壓下 (相當於 94.3% 相對濕度), Zeolite 本身之吸濕係數為 20.78% 而 Zeolite 之添加, 對土壤吸濕係數之增加效果有隨 Zeolite 添加量之增加而增加之現象。在粗質地之增加比例較細質地土壤為大, 惟其增加量均不多, Zeolite 添加量到 80g/kg 時之吸濕係數, 鹿港土壤為例, 增加只有 2% 左右。



圖二. Zeolite 對土壤有效水分之影響
 Fig 2. Effect of Zeolite on Available Moisture of Soils

以 Michrich 氏法測定之吸濕水仍為相當 pF_5 時之土壤所含水分，即相當於被 100 倍氣壓之力量吸着於土壤的水分，故不能供應於作物吸收作用。吸濕係數之增加，只不過表示土壤之 Colloid 物質增加，或土壤粒子表面活性之增強而已。

6. 有效水分：

有關有效水分，首先需要說明者，為有效水分計算法。此法乃根據 Feustel and Byers⁽⁹⁾之簡便法，以水分當量與凋萎點之相差作為有效水分，而凋萎點之計算，即將水分當量以 1.84 除去的結果，視為凋萎點⁽¹⁰⁾。雖該計算法在粗質地土壤不大適用，但在同一土壤不同處理間之比較似可採用。

Zeolite 本身之最大容水量及水分當量，均相當大，各為 100.38% 及 49.45%，其凋萎點為 26.88%，有效水分尚有 22.57% 之多，故 Zeolite 之添加，對土壤之有效水分含量，似有增加效果之現象。表二之結果表示，雖各種土壤之有效水份隨 Zeolite 添加量增加，而略有增加趨勢，惟其增加量不多，Zeolite 添加量在 80g/kg 時只有 1~3% 左右的增加。對原土壤之有效水分增加比例為，鹿港壤質砂土 80.30%，花蓮坳質壤土 16.71%，臺北坳質壤土 12.53%，彰化坳質壤土 7.77%，中壠粘土 17.90%，即除中壠粘土外，土壤之粘土含量越少，其水分增加比例越高。中壠粘土之有效水分增加率較高之原因，似因土壤本身之構造之高度發達之故，但關於此點，須要再進一步研究。在一般土壤條件下 Zeolite 對土壤有效水分之增加，似無顯着影響，惟對粗質地土壤，在乾燥期間，或稍有減低旱害之效用。

結 論

由上述結果吾人可明瞭，由於 Zeolite 本身之吸着能量頗大，Zeolite 之大量施用，可增加土壤的保水力及陽離子交換能量，尤以施用於粗質地土壤，其效果較大。因有效水分增加之效果較低，Zeolite 之主要效果乃為增加土壤陽離子交換能量，而對有效水分之增加，在一般土壤條件下，即無顯着效果。惟在乾旱時期，對砂性土壤，或稍有減輕旱害效用。Zeolite 施用對本省耕地土壤之有效矽及游離鐵含量之增加，及土壤反應之調節，可能均無效果。

至於 Zeolite 效用之持久性，不但影響其使用之經濟上價值，並將牽連到因連用所引起之主要成份，如矽或鋁之多量積存於土壤內，是否影響作物生長或土壤性質問題。為使 Zeolite 能發揮其最大效能及安全連用，不但需要做作物之效應試驗，且須要作 Zeolite 長期連用試驗。

摘 要

為探究 Zeolite 對本省土壤理化性質之影響，以提供檢討 Zeolite 在本省作為土壤改良劑之可能性之依據，特選擇本省主要耕地土壤五種，就每公斤風乾土壤，添加不同量 (0.8g, 4.0g, 8.0g, 16g 及 80g) 之 Zeolite，另設無加用者為對照，測定各處理土壤之有關理化性質，如土壤之弱酸可溶矽，及游離鐵含量，pH，陽離子交換能量 (C.E.C.)，吸濕係數，最大容水量及有效水分等之變化。

分析結果顯示 Zeolite 加用對土壤之 pH，游離鐵含量均無顯著影響，而對弱酸可溶矽，雖稍有增加效果，但仍未達到可作為矽肥料之程度。土壤之 C.E.C. 隨 Zeolite 加用量之增加而有增加之趨勢，在不同土壤同處理間之 C.E.C. 增加量，均相差無幾，但對原土壤 C.E.C. 之增加比例，即原土壤本身之 C.E.C. 較小之粗質地土壤之增加率比細質地土壤高。對土壤水分保持力之影響，即吸濕係數，最大容水量及有效水分也有隨 Zeolite 加用量之增加而增加之趨勢，對不同土壤之有效水分之影響言，除中壠粘土之紅壤外，其他土壤之有效水分增加量及增加率，均在粗質地的效果，比細質地者為高。

由上述結果 Zeolite 之使用，可提高土壤 C.E.C. 及有效水分，而其效果均在粘土含量較低

之坩質及砂質土壤較大，惟有效水分之增加量不多，故 Zeolite 之主要效果，似以增加土壤 C. E. C. 爲主。

關於 Zeolite 使用之經濟價值，及對各種作物生長之影響仍須待將來，各種作物栽培試驗果結，始能明瞭。

參 考 文 獻

1. 岩生周一 (1963): ゼオライトの産状とその地質學的問題。粘土科學; 2:119。
2. 美園繁 (1963): 土壤改良劑の性狀; 合成高分子を除く。土壤の物理性; 7:19。
3. 江川友治 (1963): ゼオライトの農業利用粘土科學; 2:160
4. 藤沼善亮、鈴木達彦 (1963): 無機質土壤改良劑の効果——多肥の際の畑作物の障害と關連して——。土壤の物理性; 8:2
5. 今泉吉朗、吉田昌 (1958): 水田土壤の珪酸供給力に關する研究。農業技術報告B第8號; 261。
6. Asami T.T. and K. Kumada (1950): Comparison of Several Method for Determining Free Iron in Soils. Soil and Plant Food; 5; 179。
7. 船引、青峰共著 (1953): 新撰土壤實驗法，養賢堂發行。
8. Grim, Ralph E (1953): Clay Mineralogy; p.132 Mc Graw-Hall Book Company Co.
9. Feustel, J.C. and H. G Byers (1963); The Comparative Moisture-absorbing and Moisture-retaining Capacities of Peat and Soil Mixtures. U. S. Dept. Agr, Tech Bull; 532
10. Baver, L. D. (1961): Soil physics, Third Edition, John Wiley and Sons Inc.

EFFECTS OF SOIL CONDITIONERS ON TAIWAN SOILS

I. Effects of Zeolite on Physico-Chemical Properties of Soils

By

S. C. HSU, S. T. WANG AND T. H. LIN

SUMMARY

The effect of Zeolite on physico-chemical properties of the soils was studied by applying different amounts of Zeolite to several soils of crop land. The result was found as follows:

Soil reaction and free iron content in soils were not affected, where as, soluble silica was slightly increased by applying a large amount (80g/kg) of Zeolite.

Cation exchange capacity (CEC), Hygroscopic coefficient, Moisture holding capacity and Moisture availability of the soils were increased with increase of amount of Zeolite applied, although Moisture holding capacity and Moisture availability of the soils were not so appreciably increased. The effect of Zeolite was increased with decrease of clay content in soils.

On the basis of the results, it was suggested that Zeolite could be applied mixing with fertilizer, to sandy and silty soils of low cation exchange capacity for the purpose of decreasing nutrient loss of fertilizer applied, but not be used for the sole purpose of increasing moisture holding capacity and moisture availability of the soils.

Field experiments with differernt kinds of crop are needed for the economical appraisal on Zeolite application to crop land.