

中國科學院土壤研究所專刊

土 壤 專 報

第 33 號

(土壤農業化學)

科 學 出 版 社

內 容 提 要

本書共有九篇土壤農業化學方面的研究論文，其中包括土壤性質與植物生長的關係方面的論文二篇，有關磷肥問題的論文四篇，有關水稻土特性、氮肥和鉀肥問題的論文各一篇。

在“土壤條件與植物體中離子平衡的關係”一文中，從土壤種類、土壤的化學組成和水分含量等方面，研究了土壤性質對不同植物所吸收的各種陽離子數量的影響。在“土壤酸度對錳的活動性的影響”一文中，根據大量的分析材料，確定了土壤 pH 與代換性錳量之間的數學關係及對植物體中含錳量的影響。在磷肥問題方面的四篇文章中，研究了我國主要磷灰石的化學組成及其相對肥效，各種植物的根部特性與其利用磷灰石的能力的關係，水稻土中磷肥施用方法對其利用情形的影響以及黃土性土壤對磷的供給情況。在其他三篇論文中，分別研究了紅壤性水稻土中代換性鹽基的狀況，礬石粉用作肥料的肥效及各種狀態氮肥的相對肥效。

土 壤 專 報 第三十三號

編輯者 中國科學院土壤研究所

出版者 科 學 出 版 社

北京朝陽門大街 117 號

北京市書刊出版業營業許可證出字第 061 號

印刷者 中國科學院印刷廠

總經售 新 華 書 店

1958 年 7 月第 一 版

1958 年 7 月第一次印刷

(京) 0001—2,160

書號：1252

字數：122,000

開本：787×1092 1/16

印張：6 1/2

定價：(11) 1.20 元

目 錄

土壤條件與植物體中離子平衡的關係·····	
于天仁 劉晚蘭 凌雲霄 牟潤生 謝建昌 蕭克謙 周起崑 姚文華 (1)	
土壤酸度對錳的活動性的影響·····	于天仁 凌雲霄 牟潤生 劉晚蘭 (16)
紅壤性水稻土中代換性鹽基的狀況及其在發生學上的意義·····	
·····	于天仁 丁昌璞 (31)
植物根部代換性質與分解磷灰石的能力的關係···	謝建昌 周起崑 于天仁 (44)
我國主要磷礦粉的性質及其直接施用於紅壤的肥效·····	
·····	蔣柏藩 謝建昌 胡祖光 魯如坤 (51)
黃土性土壤對磷鉀的供給力·····	謝建昌 于天仁 姚文華 凌雲霄 (62)
礬石用作肥料的研究·····	于天仁 周起崑 凌雲霄 謝建昌 蕭克謙 (73)
水稻土中磷肥施用方法對其利用情形的影響·····	劉晚蘭 于天仁 (83)
氯化銨肥效試驗·····	謝建昌 胡祖光 周起崑 (91)

土壤條件與植物體中離子平衡的關係

于天仁 劉嘯蘭 凌雲霄 牟潤生

謝建昌 蕭克謙 周起崑 姚文華

最近十幾年來,關於植物體內的離子平衡問題,引起了學者們日益增加的注意^[1-7]。在這方面所得到的材料雖然還有很多矛盾的地方,但是一般說來,可以歸納為下述幾個主要論點:(一)在一定的條件範圍內,植物體內的陽離子總量和陰離子總量為一常數;(二)一種植物體內的陽離子總量和陰離子總量之比,大致為一常數;(三)一種離子的吸收增加,將引起另一同電荷離子的吸收的減少,在這方面,各種離子的相互影響程度是不相同的;(四)植物體內的各種陽離子總量之間需要保持一定的比例,超過這個比例範圍時將引起植物生長的受害;(五)土壤或培養液的離子組成,對植物體內的離子含量有重大影響。

植物體內離子平衡的研究,不僅具有生理上的理論意義,而且在施肥實踐上也有意義。例如,如何使植物所吸收的養分(如鉀)能夠最大限度地用於植物乾物質的形成而不致浪費掉,如何使土壤的條件能夠最有利於植物體內離子的“和諧”,都與這類的研究有關。本工作的目的,是從土壤種類、土壤成分和土壤的水分含量等三方面來研究這種關係。

一 土壤種類對植物體內陽離子含量的影響

在進行“水稻土中磷肥施用方法對其利用情形的影響”^[8]的試驗時,同時取不同生長時期的水稻進行鈣、鎂和鉀的分析。鈣和鎂係在用三酸消化並分離鐵磷後,用EDTA滴定法測定者,鉀則係灰化後用火焰光度計測定;因為鈉的含量一般在每100克乾植物中只有3—4毫當量以下,而且沒有什麼變化,所以沒有計算。植物係在加粉狀過磷酸鈣的處理中生長者,所以其肥料處理相同。現將五種水稻土的代換性陽離子組成列於表1,水稻各生長時期的陽離子含量列於表2,同時將所進行的燕麥試驗結果列於表3。

表2中的結果說明下述各點:(一)水稻莖葉中的鈣和鎂的含量隨生長時期而增加,鉀含量則隨生長時期而減少。例如在紅壤性水稻土中生長的水稻,在分蘗期、孕穗期和成熟期的鈣含量,各為每100克乾植物中18.2, 23.7和30.2毫當量,鎂各為16.6, 27.7

表1 供試土壤的代換性陽離子組成

土 壤	採 集 地 點	pH	代換性陽離子組成(毫當量/100克土)			
			Ca	Mg	K	總 量
紅壤性水稻土	南昌甘家山	5.11	1.99	0.76	0.18	2.93
酸性山地水稻土	南昌西山	6.05	5.10	1.72	0.46	7.28
中性下蜀系水稻土	南京曉莊	7.15	16.65	2.34	0.18	19.17
中性湖積水稻土	無錫望亭	7.09	17.77	4.72	0.38	22.87
石灰性沖積水稻土	南京上新河	8.07	—	—	0.27	—

表2 水稻不同生長時期中的陽離子含量

土 壤	生 長 時 期	植 物 乾 重 (克/盆)	陽離子含量(毫當量/100克乾植物)				植物吸收總量 (毫當量/盆)
			Ca	Mg	K	總量	
紅壤性水稻土	分蘗期	6.3	18.2	16.6	102.9	137.7	8.7
	孕穗期	31.5	23.7	27.7	70.4	121.8	38.4
	成熟期(莖葉)	59.9	30.2	29.6	37.1	96.9	58.0
	籽 實	32.4	5.5	9.2	9.7	24.4	7.9
酸性山地水稻土	分蘗期	10.3	19.3	28.4	137.7	185.4	19.1
	孕穗期	49.2	24.5	31.2	97.3	153.0	75.3
	成熟期(莖葉)	72.0	27.2	30.5	78.2	135.9	97.8
	籽 實	45.8	9.6	8.8	9.0	27.4	12.5
中性下蜀系水稻土	分蘗期	8.6	20.9	27.2	107.7	155.8	13.4
	孕穗期	37.6	26.9	38.5	74.6	140.0	52.6
	成熟期(莖葉)	60.2	28.5	37.0	46.1	111.6	67.2
	籽 實	35.5	8.4	10.2	10.0	28.6	10.1
中性湖積水稻土	分蘗期	8.5	21.6	25.6	121.2	168.4	14.3
	孕穗期	37.6	24.0	33.2	89.7	146.9	55.2
	成熟期(莖葉)	62.6	27.9	39.3	63.8	131.0	82.0
	籽 實	41.1	7.0	9.6	10.0	26.6	10.9
石灰性沖積水稻土	分蘗期	5.4	29.9	30.3	110.4	170.6	9.2
	孕穗期	29.2	36.4	38.2	88.2	162.8	47.5
	成熟期(莖葉)	46.5	32.2	39.2	56.8	128.2	59.6
	籽 實	24.5	13.3	10.3	9.7	33.3	8.2

和 29.6 毫當量,鉀則各為 102.9,70.4 和 37.1 毫當量。(二)水稻體中的陽離子總量隨生長時期而降低。(三)在同一生長時期,水稻莖葉中的陽離子總量因土壤而不同,其量大致與土壤的肥沃情況(植物乾重)成正相關;例如酸性山地水稻土中生長者含量最高,紅壤性水稻土中生長者含量最低。這與 Cooper 等人的結果^[9]和 Wallace 等人的

結果^[10]相同。他們分別分析了不同地區的牧草或苜蓿,證明其陽離子總量因植物所生長的地區而不同。(四)水稻籽實中的陽離子總量的差別比較小,這種差別主要是由於鈣的含量不同所引起,鎂和鉀的含量幾乎為一常數。

現在試根據表 1 和表 2 的結果,比較土壤中代換性陽離子含量與水稻莖葉中陽離子含量的關係(圖 1、圖 2)。由圖可見,鉀在水稻莖葉三個生長時期的含量都與土壤中所含者有明顯相關;鈣除在成熟時不很顯著以外,在其他兩個生長時期也表現了與土壤中鈣含量之間的明顯相關性。鎂的趨勢也與鈣鉀相同。表 3 中燕麥的分析結果,也表

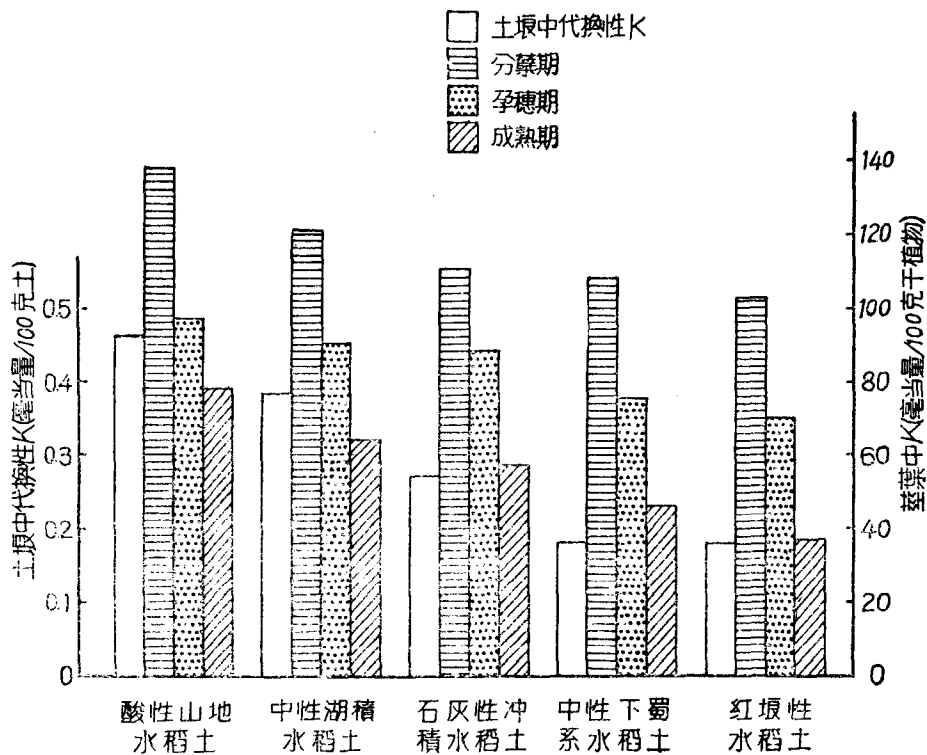


圖 1 土壤中代換性鉀與水稻莖葉中含鉀量的關係

表 3 燕麥體內的陽離子含量

土 壤	植物乾重 (克/盆)	陽離子含量(毫當量/100克乾植物)				植物吸收總量 (毫當量/盆)
		Ca	Mg	K	總量	
紅壤性水稻土	21.5	42.5	32.2	82.7	157.4	33.8
酸性山地水稻土	43.2	47.4	33.4	102.6	183.4	79.1
中性下蜀系水稻土	33.6	56.8	42.7	58.4	157.9	53.1
中性湖積水稻土	33.0	55.6	32.0	93.5	181.1	59.7
石灰性沖積水稻土	26.8	58.5	37.6	80.6	176.7	47.3

現了大致相同的趨勢。因此可以說,土壤中的陽離子含量,不但影響植物的生長,而且可以影響植物體內的成分。

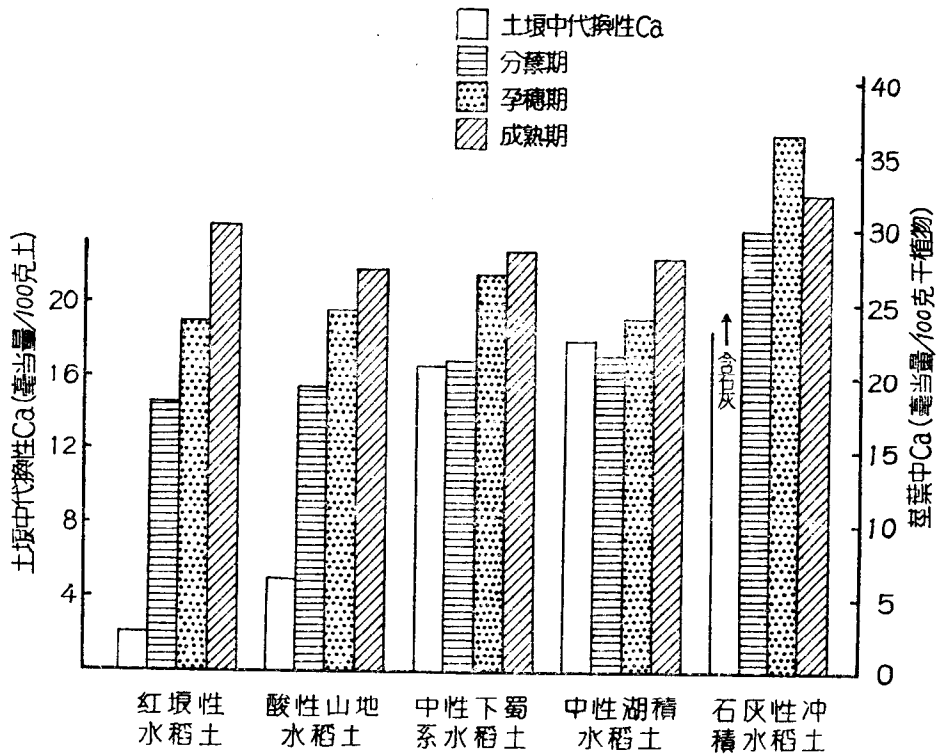


圖 2 土壤中代換性鈣與水稻莖葉中含鈣量的關係

二 土壤成分對植物體內陽離子含量的影響

上述試驗因係使用不同的土壤,因子比較複雜一些;如果使用同一種土壤而人為地調節其成分,則可在其他條件相同時加以比較。所選擇的土壤是發育於第四紀紅色粘土的紅壤,強酸性,採自南昌甘家山紅壤試驗場。這種土壤所含的植物養分很少,根據田間試驗結果,一般作物對於磷、氮和石灰都有強烈反應,對鉀肥也有相當效果。選擇這種土壤的原因,是由於它所含的代換性金屬離子量很少,這樣易於用人為的方法調節其成分。

標本採回後,經風乾,過 1/4 英寸篩,用兩種植物進行試驗。

(一) 陽離子種類和 pH 值的影響

試驗係用燕麥進行,每盆用土 6.5 公斤,並加 NH_4NO_3 2.84 克 (合 N1.0 克), KH_2PO_4 1.92 克 (合 P_2O_5 1.0 克, K_2O 0.66 克)。在整個試驗期間,土壤濕度保持為

最大持水量的 50—60%。試驗計有十九個處理，每處理重複三次。處理完畢後放置一星期，然後進行播種。每盆播燕麥五粒，深度為 2 厘米。生長四個月後收割，在 60—70°C 烘乾，稱重，然後進行化學分析。試驗處理的設計如表 4 所示，所得結果列於表 5。

表 4 燕麥試驗處理的設計

盆 號	CaCO ₃ 量 (克)	盆 號	MgCO ₃ 量 (克)	盆 號	K ₂ CO ₃ 量 (克)	盆 號	Na ₂ CO ₃ 量 (克)	盆 號	用 量 (克)
Ca1	6.5	Mg1	6.5	K1	9.0	Na1	6.5	對照	0
Ca2	13.0	Mg2	13.0	K2	18.0	Na2	13.0	S	硫磺3.0
Ca3	26.0	Mg3	26.0	K3	36.0	Na3	26.0		
Ca4	39.0	Mg4	39.0			Na4	39.0		
Ca5	52.0	Mg5	52.0						

表 5 土壤中陽離子種類和 pH 對燕麥成分的影響

處 理	pH	植物乾重 (克/盆)	陽離子含量(毫克量/100 克乾植物)				植物吸收總量 (毫克量/盆)
			Ca	Mg	K	總 量	
對 照 S	4.65	34.5	53.0	27.0	60.5	140.5	48.4
	4.25	20.3	45.5	19.3	98.6	163.4	33.2
Ca1	5.05	42.1	58.5	29.5	38.4	126.4	53.1
Ca2	5.80	42.7	57.0	35.7	46.1	138.8	59.2
Ca3	7.00	50.2	57.0	26.2	40.5	123.7	62.0
Ca4	7.45	41.9	58.7	24.1	40.7	123.5	51.8
Ca5	7.75	40.0	69.3	25.0	44.0	138.3	55.3
Mg1	5.25	42.0	39.5	58.2	48.4	146.1	61.4
Mg2	5.95	47.1	28.5	64.3	42.8	135.6	63.9
Mg3	7.05	44.1	25.0	78.7	33.4	137.1	60.4
Mg4	7.60	41.8	22.5	72.1	26.1	120.7	50.5
Mg5	7.80	24.4	14.0	81.1	34.3	129.4	31.6
K1	4.85	44.6	34.7	17.2	123.1	175.0	78.0
K2	5.10	41.5	24.5	13.5	135.6	173.6	72.0
K3	5.40	—*	18.5	13.1	172.1	203.7	—
Na1	5.25	41.6	26.3	20.9	53.7	100.9	42.0
Na2	5.60	46.6	17.3	18.0	49.7	85.0	39.6
Na3	6.75	45.8	12.0	13.9	—	—	—
Na4	7.95	39.8	8.5	12.7	40.5	61.7	24.2

* 植物部分死亡，產量結果不可靠。

由表 5 可見，在各種狀態碳酸鹽的處理中，燕麥生長有其最適宜的 pH 值。這個數值因陽離子種類而不同。對於不同量碳酸鈣的處理，這個數值約在 pH 7.0 左右；對於

碳酸鎂，爲 pH 6.0；對於碳酸鉀，爲 pH 4.9；對於碳酸鈉，爲 pH 5.6。植物體內的陽離子含量，對鈣和鎂處理均約爲一常數；鈉的處理中如將鈉離子的含量（未列入表中）也計算進去，則也與上述常數數值相同。在這個試驗中，燕麥的鐵含量爲每 100 克乾植物中 0.4—0.9 毫當量，鋁爲 1.6—4.9 毫當量，錳爲 0.1—2.6 毫當量，鈉爲 2.0—5.0 毫當量（除鈉的處理以外），數量都很少，所以鈣、鎂、鉀三種離子的總量基本上可以代表植物所含陽離子的總量。在這方面，鉀的處理表現了特殊的情況，燕麥體內的陽離子總量較其他處理爲高。

植物體內的陽離子含量隨該種離子施入土壤中的數量而增加，而其他離子的含量則相應的減低。在這方面，各種離子表現了不同的情形；鈣對鎂和鉀的影響都比較小，鎂對鈣的影響較對鉀更強烈，鉀和鈉對鈣和鎂都有強烈影響，尤以對鈣爲甚。

（二）陽離子種類和相伴陰離子的影響

上述試驗中所加入的碳酸鹽將與土壤發生中和反應，陽離子進入吸收複合體，所代出的鋁發生沉澱，而碳酸根則以 CO_2 的狀態逸出。這樣，除了離子本身的作用以外，還有 pH 值的變化所引起的次生影響，而在土壤中則沒有陰離子殘留。下面是用飯豆進行的試驗，同時加入各種離子的中性鹽，使基本上不影響原來土壤的 pH 值，以比較相伴的陰離子對於植物的吸收是否發生影響。

飯豆的試驗條件與燕麥相同，只是處理有所改變。處理設計如表 6 所示，每盆播種飯豆五粒，每處理重複四次。

表 6 飯 豆 試 驗 處 理 的 設 計*

盆 號	用 量	盆 號	用 量	盆 號	用 量	盆 號	用 量	盆 號	用 量
CaC1	10	MgC1	8.7	KC1	13.6	NaC1	10.6	對照	0
CaC2	20	MgC2	17.3	KC2	27.2	NaS1/2	7.1	S	2.0
CaC3	40	MgC3	34.6	KC3	54.4	NaS1	14.2		
CaS1/2	3.6	MgS1/2	12.3	KS1/2	8.7				
CaS1	7.2	MgS1	24.6	KS1	17.4				

* CaC, MgC, KC, NaC 爲其碳酸鹽，CaS 爲 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，MgS 爲 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ，KS 爲 K_2SO_4 ，NaS 爲 Na_2SO_4 ，S 爲硫磺粉。四種碳酸鹽的用量係在化學當量上相等，硫酸鹽用量則與碳酸鹽第一級用量相等，或爲其二分之一。

表 7 中的分析結果顯示，土壤中一種離子的施入，使植物體中該種離子的數量增加，而其他離子的數量減低，這是與燕麥試驗相同之點。但是也有不同的地方，即：（一）鎂、鉀、鈉對鈣的吸收的抑制作用較燕麥中小得多；（二）植物體中的離子總量只

表7 土壤中陽離子種類和相伴陰離子對飯豆成分的影響

處 理	pH	植物乾重 (克/盆)	陽離子含量(毫當量/100克乾植物)				植物吸收總量 (毫當量/盆)
			Ca	Mg	K	總 量	
對 照	5.3	44.8	51.5	45.5	35.9	132.9	59.6
S	4.7	11.9	50.0	54.1	51.8	155.9	18.6
CaC1	5.8	45.4	89.5	41.4	36.7	167.6	76.0
CaC2	6.9	44.1	127.3	43.0	34.1	204.4	90.0
CaC3	7.9	24.6	129.2	42.6	39.5	211.3	51.9
CaS $\frac{1}{2}$	5.0	47.3	74.0	39.3	36.2	149.5	70.8
CaS1	4.9	52.0	82.2	36.9	35.4	154.5	80.3
MgC1	5.7	46.0	—	77.9	24.1	—	—
MgC2	6.6	41.3	41.0	115.1	31.0	187.1	77.2
MgC3	7.7	26.7	42.0	144.6	24.1	210.7	56.2
MgS $\frac{1}{2}$	5.0	44.2	43.0	79.5	18.7	141.2	62.3
MgS1	4.8	41.0	46.3	99.6	36.2	182.1	74.6
KC1	5.9	47.3	38.5	35.7	78.0	152.2	72.1
KC2	6.6	39.6	30.5	28.3	116.1	174.9	69.2
KC3	8.1	2.1	29.5	15.6	174.4	219.5	4.6
KS $\frac{1}{2}$	5.0	48.1	36.8	28.3	77.2	142.3	68.2
KS1	4.9	41.9	37.3	35.7	87.2	160.2	67.2
NaC1	5.9	3.8	51.0	46.7	30.0	127.7	4.9
NaS $\frac{1}{2}$	5.3	18.1	42.3	42.2	38.7	123.2	22.2
NaS1	5.2	7.9	45.8	48.4	38.7	132.9	12.5

有在土壤中所加的離子數量較低(第一級用量)時才大致為一常數,而當所加入的離子數量增大時,則植物體中的離子總量也增加。

現在試比較硫酸鹽的處理。所加入的硫酸鹽數量愈高,則植物中該種離子的含量也增加。如1/2倍硫酸鈣時,每100克乾植物中含鈣74.0毫當量,1倍時則增高到82.2毫當量;鎂處理中相應地為79.5和99.6毫當量;鉀處理中為77.2和87.2毫當量。如果比較第一級碳酸鹽和其相當數量的硫酸鹽處理,則鈣為89.5和82.2毫當量,即植物在碳酸鹽處理中吸收的數量較在硫酸鹽中者為高,這與Ririe和Toth的結果^[11]相同。鎂和鉀表現了相反的情形,鎂處理中分別為77.9和99.6毫當量,鉀處理中分別為78.0和87.2毫當量。造成這種差別的原因,可能與硫酸鈣的溶解度較低有關。

從生長情況看來,在鈉鹽的處理中飯豆均生長很壞。因為在試驗的pH值範圍內,酸度本身似不是影響植物生長的因子,因此飯豆的生長不良,可能與鈉離子所引起的土壤物理性質變壞有關。

三 土壤水分對植物體內離子含量的影響

文獻上關於土壤水分對植物體中離子含量的影響問題,有着很多相互矛盾的材料。Scheffer 和 Welte^[12]引用 Pfeiffer 等人和 Greaves 等人的試驗結果,認為土壤中的水分含量增加時,植物體中鈣、鎂、鉀的含量也增加。Nehring 和 Borchmann^[13]的結果是,對於玉蜀黍,鈣、鉀含量均因土壤水分的增加而減低,對於苜蓿,鈣的情況與玉蜀黍相同,而鉀則隨土壤水分的增加而增高;因此他們認為,植物對養分的吸收情況隨植物種類而不同。Shaw^[14]在總結別人的工作後,認為土壤水分的減少,一般說來可使植物的含鉀量降低,而鈣和鎂所受到的影響則無一定規則。在 Lundegårdh^[15]的大量試驗結果中,對於鉀,在土壤最大持水量 60—90% 的範圍內含量幾為常數,在水分為 97% 時,含量減低;對於鈣,在水分為 60% 時,含量較水分較多時為高。Robinson^[13]的試驗結果沒有發現什麼養分含量的變化。

考慮到植物在這方面所可能存在的差別,我們用八種豆科植物和八種禾本科植物進行了試驗。所採用的土壤係一種發育於下蜀系黃土性沉積物質的中性棕壤,關於這種土壤的性質見另一報告^[16]。這種土壤的最大持水量為土壤重的 45%。試驗選用四級水分水平。對於一般植物,土壤最大持水量的 55—70% 應認為是最適宜的,40% 稍低一些,85% 則又嫌過多。每盆用土 7 公斤,三個重複。每盆均加入 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 狀態的 N 1.0 克, KH_2PO_4 狀態的 P_2O_5 1.0 克和 K_2O 0.66 克。在試驗期間,每一星期稱重一次並加水,平常則每日根據手指觸土時的感覺加入水分。植物生長三個月後將地上部分收割,烘乾稱重,然後進行化學分析。這次測定時鈣係用過錳酸鉀滴定法,鎂係用 Oxine 重量法,鉀用亞硝酸鈷鉍容量法。第二次收割的植物,因其陽離子含量情況與第一次收割者趨勢相同,故僅將其平均值列於表 11。

從植物生長看來(表 8、表 9),在土壤水分為最大持水量的 40% 時,植物乾重均較低;在 85% 時,大部分植物仍能正常生長或較最適水分量時為好,但也有三種豆科植物(苜蓿、蘇北小豌豆、白花木樨)生長較差。

在植物體內的陽離子含量方面,因為各種不同植物的個別性,所以難於找出共同的規律。但是根據統計學的方法所計算出的植物體中某種離子的平均含量,仍然是具有意義的。表 10 示這方面的計算結果。可以看出,對於豆科植物,鈣和鎂都是在土壤水分過少或過多時含量較高,而鉀的趨勢相反;禾本科植物的差別不像豆科植物那麼顯著,但趨勢則與之相同。第二次收割的植物(表 11),鈣和鎂的趨勢與第一次收割者相同,鉀的含量則隨土壤水分含量的增多而減低。

從表 8 和表 9 可以看出,每一種植物在不同水分含量下生長時,其所含的陽離子總量大致為一常數,但各種植物之間的差別則很大。總的說,豆科植物所含的陽離子數量

表8 土壤水分對豆科植物陽離子含量的影響

植 物	土壤水分含量 (%最大持水量)	植物乾重 (克/盆)	陽離子含量(毫克量/100克乾植物)				植物吸收總量 (毫克量/盆)
			Ca	Mg	K	總 量	
紅三葉	40	4.6	92	49	96	237	14.4
	55	8.9	—	44	105	—	—
	70	12.1	83	43	108	234	28.3
	85	13.7	98	43	84	225	30.8
苕 子	40	10.0	47	31	109	187	18.7
	55	14.5	49	32	110	191	27.7
	70	17.4	47	32	108	187	32.5
	85	20.7	57	36	85	178	36.8
苜 蓿	40	3.7	63	37	97	197	7.3
	55	7.2	51	26	96	173	12.5
	70	10.7	54	25	93	172	18.4
	85	4.8	51	28	67	146	7.0
蘇北小 豌豆	40	4.7	87	44	88	219	10.3
	55	8.3	84	35	93	212	17.6
	70	9.3	64	32	89	185	17.2
	85	1.3	124	83	70	277	3.6
白 花 木 樨	40	4.6	89	40	84	213	9.8
	55	7.7	90	35	88	213	16.4
	70	11.6	87	30	120	237	27.4
	85	8.8	80	34	69	183	16.1
田 菁	40	14.0	54	20	77	151	21.2
	55	14.1	52	25	80	157	22.1
	70	17.0	55	25	78	158	26.8
	85	18.0	43	38	82	163	29.4
鐵掃帚	40	7.8	56	23	35	114	8.9
	55	8.5	54	24	34	112	9.5
	70	11.0	58	25	33	116	12.8
	85	9.4	59	21	34	114	10.7
槐 麻	40	13.1	69	41	73	183	23.9
	55	15.6	66	39	67	172	26.8
	70	18.6	61	40	66	167	31.1
	85	24.4	81	48	60	189	46.2
平 均			67.9	35.3	80.6	183.8	

表9 土壤水分對禾本科植物陽離子含量的影響

植 物	土壤水分含量 (%最大持水量)	植物乾重 (克/盆)	陽離子含量(毫當量/100克乾植物)				植物吸收總量 (毫當量/盆)
			Ca	Mg	K	總 量	
禾 荳 草	40	5.9	23	22	122	167	9.9
	55	10.3	18	25	133	176	18.1
	70	13.5	12	24	136	172	23.2
	85	15.6	14	24	118	156	24.3
扁 穗 雀 麥	40	12.9	25	21	104	150	19.4
	55	20.5	29	22	98	149	30.6
	70	25.4	38	24	94	156	39.7
	85	34.5	34	24	56	114	39.3
黑麥草	40	11.5	20	29	116	165	17.8
	55	16.5	17	25	122	164	25.4
	70	18.3	25	30	117	172	31.5
	85	20.1	21	27	119	167	33.5
高 牛 尾 草	40	6.8	25	46	117	188	12.8
	55	11.1	26	31	114	171	19.0
	70	14.1	24	39	118	181	25.5
	85	13.7	26	33	103	162	22.2
紅頂草	40	6.1	36	40	122	198	12.1
	55	10.4	30	31	120	181	18.8
	70	13.4	31	30	123	184	24.7
	85	18.3	29	26	117	172	31.5
鵝腳草	40	6.0	21	31	137	189	11.3
	55	11.4	19	32	127	178	20.3
	70	14.2	27	29	131	187	26.6
	85	17.0	29	26	84	139	23.7
鵝觀草	40	5.4	18	22	121	161	8.7
	55	7.7	20	25	124	169	13.0
	70	9.0	23	29	132	184	16.6
	85	12.6	43	28	88	159	20.1
知風草	40	15.6	13	12	65	90	15.1
	55	22.4	13	12	60	85	19.1
	70	23.0	14	13	56	83	19.1
	85	23.0	14	14	57	85	19.6
平 均			23.7	26.4	107.8	157.9	

表 10 土壤水分對植物陽離子含量的影響 (平均值)

植 物	土壤水分含量 (%最大持水量)	陽離子含量 (毫當量/100 克乾植物)			
		Ca	Mg	K	總 量
豆 科 (八種)	40	69.6	35.6	82.9	188.1
	55	63.7	32.5	84.1	180.3
	70	63.1	31.5	86.9	181.5
	85	74.1	41.4	68.8	184.3
禾本科 (八種)	40	22.6	27.9	113.0	163.5
	55	21.5	25.4	112.3	159.2
	70	24.3	27.3	113.4	165.0
	85	26.3	26.5	92.8	145.6

表 11 土壤水分對植物陽離子含量的影響 (第二次收割) (平均值)

植 物	土壤水分含量 (%最大持水量)	陽離子含量 (毫當量/100 克乾植物)			
		Ca	Mg	K	總 量
豆 科 (四種)	40	61.0	27.7	64.9	153.6
	55	64.5	29.6	57.5	151.6
	70	60.0	26.6	52.9	139.5
	85	78.5	38.3	49.6	167.4
禾本科 (八種)	40	33.5	33.2	74.7	141.4
	55	32.2	31.7	74.7	138.6
	70	32.2	32.3	70.8	135.5
	85	40.4	34.8	61.0	136.2

較高,平均爲每 100 克乾植物中 183.8 毫當量,禾本科植物則平均爲 157.9 毫當量。豆科植物中的鐵掃帚和禾本科植物中的知風草,是兩類植物中的陽離子含量最低者;它們都是能在極貧瘠的土壤中生長的植物。兩類植物的各種離子相對含量也不相同,豆科植物平均含鈣 67.9 毫當量,含鎂 35.3 毫當量,含鉀 80.6 毫當量;禾本科植物則平均分別爲 23.7, 26.4 和 107.8 毫當量;即豆科植物相對地含鈣、鎂較多,禾本科植物含鉀較多。第二次收割時,鉀的含量相對減低,鈣、鎂的含量相對增加,而總量則減低,這與第一節中水稻各生長階段的含量趨勢相同。

關於土壤水分對植物體中離子含量的影響問題,有關的因素當然很多。表 10 和表 11 中差別最清楚的,是在土壤水分爲最大持水量的 85% 時,植物體內的鈣、鎂 (二價離子) 含量特別高,而鉀 (一價離子) 含量特別低。可能這與土壤中代換性鈣、鎂的活度在土壤溶液稀釋時的增加較鉀的活度的增加爲大有關。另外,由於豆科植物的差別較禾本科植物更顯著,而大致說來,這些豆科植物根部的陽離子代換量較土壤的代換量 (約爲每 100 克土壤中 20 毫當量) 爲高,而禾本科植物根部的代換量則與土壤的代換量

相近或較之爲低,因此可以設想,不同價離子在土壤溶液稀釋時所發生的價效應^[17],也可能起有一定影響。

四 討論：陽離子之間的韻頤作用和植物體內的離子平衡

文獻上關於離子之間的韻頤作用的材料很不一致。在這方面,土壤特性、植物特性和土壤中各種離子的絕對和相對含量,都可起影響。Jacob 在總結關於鎂和鈣、鉀、鈉、鉀的韻頤作用的文獻材料^[18]時,認爲由離子的大小、原子價、水化程度等所決定的擴散(移動)速度,起有重要作用。

圖3至圖6是根據表5中的材料繪出的。可以看出,鈣的吸收最易受到其他離子

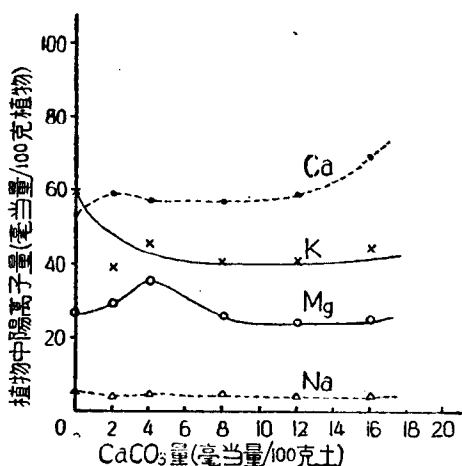


圖3 碳酸鈣對燕麥中陽離子含量的影響

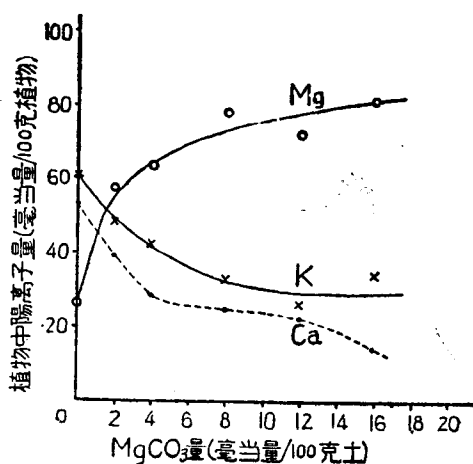


圖4 碳酸鎂對燕麥中陽離子含量的影響

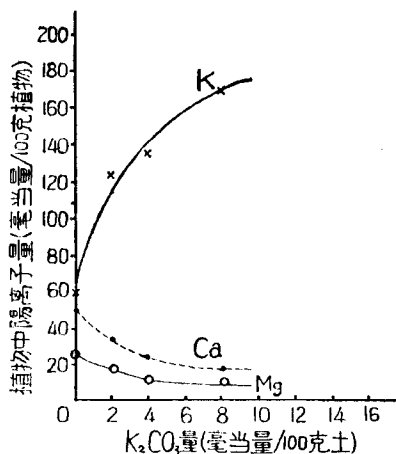


圖5 碳酸鉀對燕麥中陽離子含量的影響

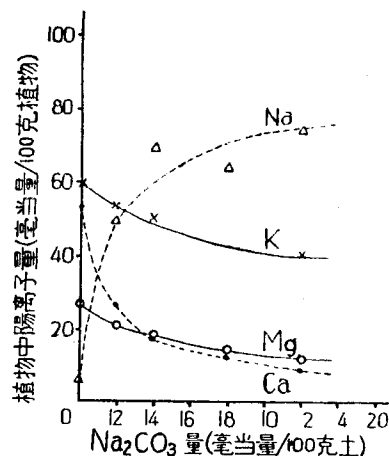


圖6 碳酸鈉對燕麥中陽離子含量的影響

的抑制,而其本身對其他離子的抑制作用也最小;鉀的情況相反,對鈣、鎂都有強烈的抑制作用;鎂則介於二者之間;鈉對三種離子的吸收都有強烈的抑制作用。這種差別情況,與一般所理解的鈉、鉀、鎂、鈣的活動性的差別情況相一致。從圖中還可以看出植物體中鈉、鉀、鎂、鈣含量因土壤中該種離子的施入而增加的程度,也與其活動性的差別情況相一致,鉀和鈉極易在植物中有大量的聚積。

表 7 中的材料顯示,對於飯豆,鎂和鉀對於鈣的抑制作用較燕麥中者小得多,另一方面在土壤中加入鈣鹽時,飯豆體中的含鈣量急劇增加。考慮到在土壤鹽分對牧草生長影響的試驗^[19]中,禾本科植物體內的鈣鎂含量隨土壤鹽分含量的增加而增高,而豆科植物則無顯著影響,因此對於飯豆(豆科植物)和燕麥(禾本科植物)在對鈣的吸收方面的特點,應該予以注意。

從試驗結果中還可以看到,僅僅在土壤性質變化不太大的情況下,如在土壤中某種離子的含量不特別高或僅僅在一定範圍內改變土壤的水分含量時,植物體內的陽離子總量才大致保持一常數。在性質不同的土壤中生長或土壤中加入較多量的陽離子,特別是加入鉀鹽時,植物體內的離子平衡受到破壞,所含的陽離子總量可以很高。對於燕麥,變動的範圍可以由每 100 克乾植物中 121 毫當量到 204 毫當量,飯豆的變動範圍為由 123 毫當量到 220 毫當量,水稻為由 97 毫當量到 185 毫當量。

最適宜的肥料處理,應該是使植物所吸收的養分都能夠在增高產量上充分發揮其效用,而不致有所浪費或引起植物體中其他離子的平衡受到破壞。由於植物體中的含鉀量可以有極大的伸縮性(在本試驗中燕麥可以由含 K 1.02% 到 6.71%,飯豆則為由 0.94% 到 6.80%),所以鉀肥的適量施用應該具有重要意義。因為植物對鈣的吸收較易受到其他離子的影響,尤其是鉀和鈉的影響,所以在施用鉀肥時或在鹽土中,也須注意到植物缺鈣的可能性。

五 摘 要

1. 水稻莖葉內鈣、鎂的含量隨生長而增加,鉀的含量隨生長而降低,陽離子總量也隨生長而降低。
2. 五種水稻土中生長的水稻,其莖葉中鈣、鎂、鉀的含量與土壤中的代換性離子數量成正相關。籽實中的鈣量也受土壤含鈣量的影響,但鎂、鉀含量則不因土壤而異。
3. 在紅壤中加入不同量的各種碳酸鹽時,燕麥體中某種離子的含量隨土壤中該種離子的加入而增加,而其他離子的數量則降低。飯豆的趨勢與燕麥相同。硫酸鹽的加入也有同樣結果。
4. 在土壤水分含量過多(最大持水量的 85%)時,植物體內的含鉀量降低,而鈣、

鎂含量則增加。

5. 鉀最易抑制鈣的吸收, 鉀的吸收也較不易受鈣的影響, 鎂則介於二者之間。這種差別情況, 燕麥較飯豆表現得更顯著。
6. 作者根據所得結果, 認為只有在土壤的性質變化不大時, 植物所吸收的陽離子總量才能保持一常數; 而當土壤的性質變化劇烈時, 則陽離子總量也可有劇烈變化。

參 考 文 獻

- [1] Lundegårdh, H., 1945.
Die Blattanalyse, S. 7—30.
- [2] Bear, F. E. & Prince, A. L., 1945.
Cation-equivalent constancy in alfalfa. J. Amer. Soc. Agron., 37, 217—222.
- [3] Lucas, R. E. & Scarseth, G. D., 1947.
Potassium, calcium and magnesium balance and reciprocal relationship in plants. *ibid.*, 39, 887—896.
- [4] Hunter, A. S., 1949.
Yield and composition of alfalfa as affected by variations in calcium magnesium in the soil. Soil Sci., 67, 53—62.
- [5] Wallace, A., Toth, S. J. & Bear, F. E., 1949.
Cation and anion relationships in plants with special reference to seasonal variation in the mineral content of alfalfa. Agron. J., 41, 66—71.
- [6] Behrens, U., 1955.
Das Säure-Base-Verhältnis in der Pflanze als Vegetationsfaktor. 4 Sonderheft zur "Landw. Forsch.", 77—79.
- [7] Scharrer, K. und Jung, J., 1955.
Der Einfluss der Ernährung auf das Verhältnis von Kationen zu Anionen in der Pflanze. Z. Pflanzenernähr., Düng. Bodenkunde., 71, 76—94.
- [8] 劉曉蘭、于天仁, 1957. 水稻土中磷肥施用方法對其利用情形的影響, 本期土壤專報。
- [9] Cooper, H. P. and Wilson, J. K., 1930.
Relation of ash constituents of pasture plants to the oxidation-reduction potentials of nutrients soil Sci., 30, 421—430.
- [10] Wallace, A., Toth, S. J. & Bear, F. E., 1948.
Influence of sodium on the growth and composition of Ranger alfalfa. *ibid.*, 65, 477—486.
- [11] Ririe, D., and Toth, S. J., 1952.
Plant studies with radioactive Ca. *ibid.*, 73, 1—10.
- [12] Scheffer, F. und Welte, E., 1955.
Pflanzenernährung, S., 57—59.
- [13] Nehring, K. und Borchmann, W., 1955.
Der Einfluss verschiedener Wasserversorgung auf den Mineralstoffgehalt von Grünfütterstoffen. Z. Landw. Versuchs- und Untersuchungswesen., 1, 178—186.
- [14] Shaw, B. T., 1952.
Soil Physical Conditions and Plant Growth. pp., 203—206.
- [15] Lundegårdh, H., 1945.
Die Blattanalyse, S., 83—95.
- [16] 于天仁, 1950. 南京下蜀層土壤的化學組成, 中國土壤學會會誌 (2), 83—90.
- [17] Wiklander, L., 1955.
Cation and anion exchange phenomena. Chemistry of the soil (edited by F. E. Bear), pp., 107—148.
- [18] Jacob, A., 1955.
Magnesia, der fünfte Pflanzenhauptnährstoff, S., 33—42.
- [19] 于天仁、周起崑、姚文華、凌雲霄、謝建昌、蕭克謙, 1956. 土壤鹽分對牧草生長及成分的影響, 土壤專報. 第4卷第2期, 159—168.