

施用肥料對於紅壤中微生物區系影響 的初步分析* **

曹正邦 樊慶笙

(中國科學院土壤研究所)

中國科學院土壤研究所於 1951 年秋,在江西南昌西 40 里甘家山建立紅壤試驗場。該地土壤是發育在第四紀紅色粘土上的紅壤,有大面積荒地,植被破壞程度嚴重,現僅生長白茅、蜈蚣草等禾本科矮草及零星殘留的小灌木。土壤質地粘重,土壤反應酸性,在 pH 4.5—5.5 之間;養分含量很低,表層土壤有機質含量 1% 左右,含 N 0.09%,含 P_2O_5 0.06% 以下,有效性磷幾乎沒有;含 CaO 0.22%,含 MgO 0.53%,含 K_2O 0.76%,主要以正長石的狀態存在。在這樣的荒地土壤中,微生物數量分析,表層每克土壤中有細菌 100 萬左右,真菌 2 萬左右,放線菌 3 萬左右,芽胞桿菌 4 萬左右,好氣性非共生性固氮細菌沒有,硝化細菌、好氣性纖維分解細菌很少,幾乎沒有,只有在耕作熟化的土壤中,固氮細菌、硝化細菌和好氣性纖維分解細菌才有出現。已開墾利用的土地,為數有限,種植小麥、紅薯、花生、芝麻等作物,一般產量很低。

建場幾年來,為了改良這樣的紅壤進行了各種肥料試驗,確定磷灰石粉的應用是有效果的,但必須採取開始多量施用以後逐年減少用量的方法,並且還須通過吸收磷肥強的綠肥如蘿葡菜、油菜等來做前作,才能使糧食作物(小麥、水稻)得到較高的收穫量^[1]。此外通過綠肥牧草的栽培試驗,選出適宜該地自然條件下生長良好的綠肥牧草 15 種^[2]。為了進一步了解施用各種肥料對土壤微生物學過程的影響,1956 年在各試驗區中進行土壤微生物區系的分析,作為土壤改良工作中採取合理的農業技術措施的考參。

一、肥料試驗區的佈置和微生物分析方法

肥料試驗區土地是 1953 年秋開墾的,1954 年春至 1955 年春曾栽培過三次牧草,1955 年秋耕翻,劃成 1/5 畝的小區,分別施用各種肥料栽種冬小麥(條播)。肥料處理是:無肥區,單施石灰區, NPK 區, NPK + 石灰區,有機肥料 + 石灰區, PK + 石

* 本文分析的肥料試驗地,係劉建業、胡祖光等同志所佈置。

** 參加微生物分析工作的有曹正邦,葉世豫同志。

灰區，NK + 石灰區及 NP + 石灰區。施用肥料種類、施肥量及施肥方法如下表所示。

肥料成分	肥料種類	施肥量	施肥方法
N	硫酸銨	N 8 斤/畝	條施
P	過磷酸鈣	P ₂ O ₅ 8 斤/畝	條施
K	硫酸鉀	K ₂ O 8 斤/畝	條施
石灰	石灰	CaO 200 斤/畝	撒施
有機肥料	廐肥	廐肥 2000 斤/畝	條施

分析的土樣是冬小麥根際範圍內的土壤，採土時在每個小區內選定五個點，每點面積約 15 × 15 厘米，掘取連同植物根的土壤（深度為 15 厘米）然後提出小麥，搞動其根部，使附着在根系上的土壤落下，混合均勻，作為供試樣品。

用平面培養法，在下述各種瓊脂上分析細菌總數、真菌、芽胞桿菌及固氮菌的數量。

細菌總數——牛肉膏-蛋白陳瓊脂。

真菌——酸性馬鈴薯葡萄糖瓊脂。

芽胞桿菌——牛肉膏-蛋白陳瓊脂。土壤懸液預先在 75—80°C 水浴中煮 15 分鐘。

固氮菌——無氮甘露醇瓊脂。

其他微生物生理羣的分析，用稀釋培養法，分別在下列的培養基中進行。

好氣性纖維分解細菌——Гетчинсон 培養液。

硝化細菌——Виноградский 銨鹽合成培養液。

嫌氣性固氮細菌——Виноградский 無氮葡萄糖瓊脂。接種前將土壤懸液預先在 75—80°C 煮 15 分鐘。

二、分析結果及說明

微生物分析是在植物生長的各個主要時期共進行了四次，即分蘗期（3 月 5 日）、拔節期（3 月 20 日）、盛穗期（4 月 28 日）和盛熟期（5 月 19 日）。茲將分析獲得的結果，分別敘述於下。

1. 施用肥料對土壤中各大類微生物的影響 在紅壤中施用石灰、無機肥料及有機肥料都能引起細菌總數、芽胞桿菌和真菌的數量發生很大的變化，分析結果列入表 1 及圖 1—3。

由表 1 的材料可以說明下列幾點：

(1) 施用石灰對微生物的影響：在紅壤中，由於石灰的施用，土壤 pH 值提高，大大促進了細菌的活動性，使能生長在牛肉膏-蛋白陳瓊脂上的細菌總數增加很多。而芽胞桿菌的數量則相反減少；至於真菌，在施用石灰之後數量降低。

我們也曾在施有同樣量的氮、磷、鉀肥，但是不同石灰量的試驗田間，做了微生物的

表 1 施用石灰、無機完全肥料和有機肥料對於冬小麥根際土壤中細菌總數、真菌和芽胞桿菌數量的影響(單位:千/1克乾土)

分析項目 分析時期 肥料處理	細菌總數				真 菌				芽 胞 桿 菌			經處理六個月後(即小麥成熟期)的土壤 pH 值
	分蘗數	拔節期	盛穗期	成熟期	分蘗期	拔節期	盛穗期	成熟期	拔節期	盛穗期	成熟期	
無 肥 區	5,540	12,650	7,565	2,813	117.0	147.3	147.5	86.6	36.96	79.32	39.65	5.0
石 灰	12,530	22,580	4,094	6,106	102.1	121.0	115.8	16.6	29.68	25.38	25.45	6.2
NPK	8,598	17,820	9,035	5,669	371.0	189.5	331.8	219.1	—	89.71	53.70	4.5
NPK+石灰	34,590	46,350	20,030	5,694	219.9	162.9	233.0	212.4	13.41	22.24	29.90	4.9
有機肥料+石灰	49,990	41,020	20,330	10,160	121.6	148.8	136.1	110.6	17.83	168.80	135.20	6.1

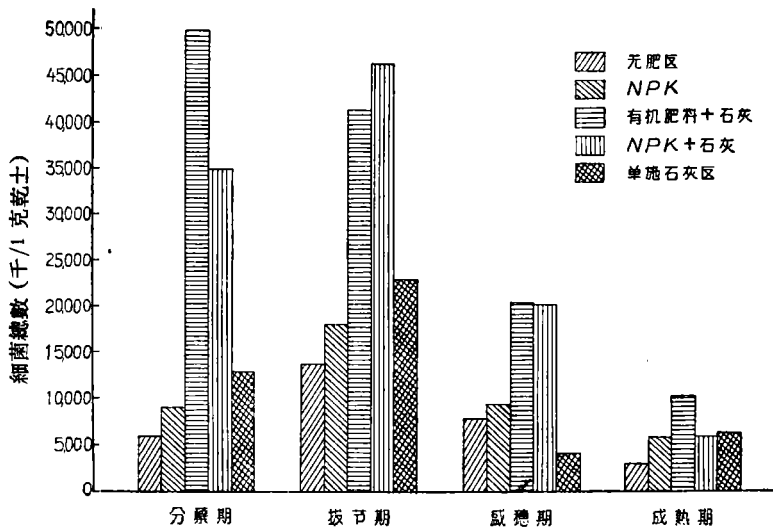


圖 1 施用石灰、無機完全肥料、有機肥料對於冬小麥根際土中細菌總數的影響

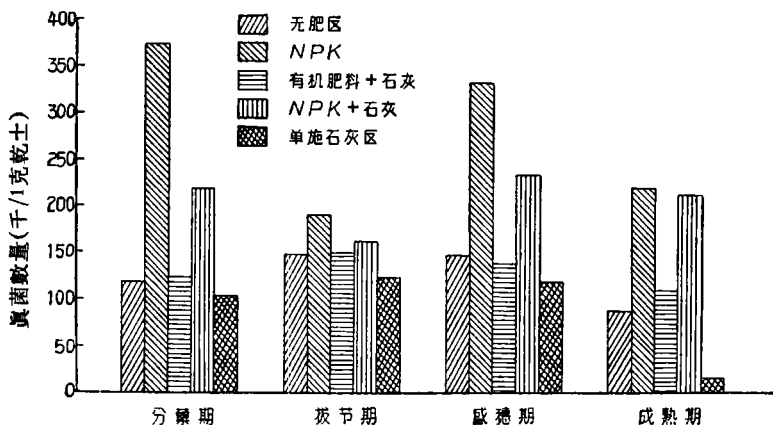


圖 2 施用石灰、無機完全肥料、有機肥料對於冬小麥根際土中真菌的影響

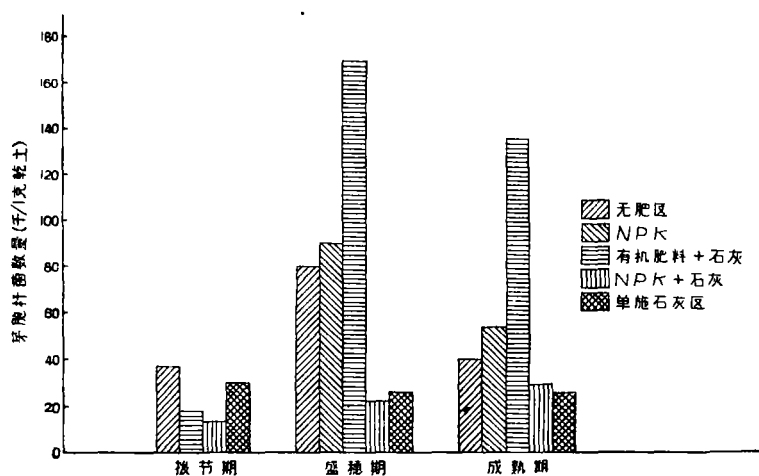


圖 3 施用石灰、無機全完肥料、有機肥料對於冬小麥根際土中芽胞桿菌數量的影響

比較分析，結果如表 2 所列，說明土壤酸度對土壤微生物的活動有密切的關係，隨着石灰用量的增加，土壤酸度的降低，細菌發育量加大，而真菌則相對地減少。

表 2 不同石灰施用量對土壤微生物數量的影響* (單位：千/1 克乾土)

石灰施用量(斤/畝)	細菌總數	真菌	pH
對照	2,366	102.6	4.2
150	2,619	117.1	4.8
300	5,939	87.1	5.5

* 作物為小米。

(2) 關於氮磷鉀無機肥料對微生物的影響：無論是在施用石灰的處理中，或在不施石灰的基礎上，對於貧脊的紅壤，施用氮磷鉀無機肥料之後，增加了有效的營養元素，使一般腐生性微生物——細菌、真菌數量大大增加了。關於氮、磷、鉀個別元素對於微生物的影響，其結果如表 3 所列。

表 3 在施用石灰的基礎上，各種無機肥料組合對冬小麥根際土壤中微生物的影響 (單位：千/1 克乾土)

肥料處理	細菌總數			真菌			經處理六個月以後的土壤 pH 值
	分蘗期	拔節期	盛穗期	分蘗期	拔節期	盛穗期	
石灰	12,530	22,580	4,094	102.1	121.0	115.8	6.2
PK+石灰	16,630	24,070	9,374	114.9	120.8	128.5	5.7
NK+石灰	26,470	28,760	5,794	213.0	207.8	137.7	5.6
NP+石灰	22,060	23,130	10,800	159.9	136.5	126.8	5.9
NPK+石灰	34,590	46,350	20,030	219.9	162.9	233.0	4.9

由表 3 的材料中看出，在氮、磷、鉀肥料三要素中，以氮肥對微生物的影響較大，磷肥和鉀肥影響較小，說明了施用氮肥可以加強紅壤中微生物的活動，但磷肥和鉀肥也有一定程度的影響。至於磷肥的用量和磷肥的種類對於微生物的影響，我們也做了進一步的分析。磷肥用量試驗是在溫室中用盆栽進行試驗，應用 KH_2PO_4 作磷肥，用量分三個等級¹⁾即 0.5 克及 1 克 $\text{KH}_2\text{PO}_4/6.5$ 公斤土壤，栽種作物是豬屎豆和燕麥。結果列入表 4。

表 4 紅壤中施用不同磷肥用量對微生物的影響 (單位:千/1克乾土)

分析項目 作物	細菌總數		真 菌	
	豬 屎 豆	燕 麥	豬 屎 豆	燕 麥
$\text{KH}_2\text{PO}_4/6.5$ 公斤 土壤				
對 照	4,910	9,670	92.79	19.34
0.5 克	8,170	24,070	134.90	172.00
1.0 克	6,800	12,440	129.90	126.20

由表 4 中可以看出，磷酸二氫鉀的施用量為 0.5 克/6.5 公斤土壤時，細菌和真菌的數量較多，而不施磷的和施用 1 克/6.5 公斤土壤者較少。說明增加適量磷肥可以加強微生物的活動。至於不同種類的磷肥對微生物的影響則如表 5 所列，在骨粉和磷灰石(海州磷灰石)之間沒有顯著的區別，但是施用這些磷肥對於紅壤中微生物的發育都有相當顯著的效果。

表 5 不同種類磷肥對於紅壤中微生物的影響* (單位:千/1克乾土)

肥 料 處 理	歷年磷肥施用量(斤/畝)					細菌總數		真 菌	
	1951年秋	1952年秋	1953年春	1953年秋	總 量	3月6日	5月9日	3月6日	5月9日
對 照	—	—	—	—	—	10,340	5,439	81.23	84.61
骨 粉	40	—	20	25	85	18,300	7,021	194.1	105.41
磷 灰 石	150	—	100	100	350	13,750	17,940	147.2	79.20
磷 灰 石	—	150	100	100	350	23,440	14,320	176.8	88.22

* 作物為蘿蔔菜。

(3) 有機肥料和微生物的關係：土壤中施用有機肥料，一方面補添了微生物的營養泉源，另一方面向土壤接種大量的微生物，毫無疑問，將引起微生物強烈的繁殖。在有機質極其貧乏的紅壤中更有意義。按表 1 的結果看來，在施用石灰的基礎上施用厩肥保持土壤 pH 值不下降，使發育在牛肉膏-蛋白胰瓊脂上的細菌、芽胞桿菌和真菌，較之單施石灰的小區，在數量上均有顯著的增加。與無機完全肥料區相比較則細菌總數和芽胞桿菌數量也是較多，真菌則較少。因此在紅壤中施用足夠量的有機肥料，不僅供

¹⁾ 若以每畝耕作層的土壤重量為 300,000 公斤計，則每 6.5 公斤 (每盆) 土壤中加 0.5 克及 1 克磷酸二氫鉀約相當於每畝施用 P_2O_5 24.4 公斤和 48.8 公斤

給了土壤微生物營養物質，也是降低土壤酸度的有效措施。

2. 施用各種肥料對於土壤中幾個微生物生理羣的影響 在紅壤中施用各種肥料對於好氣性纖維分解細菌、亞硝化細菌、硝化細菌和嫌氣性固氮細菌的影響。分析結果如表 6 所列。

表 6 施用石灰、無機完全肥料和有機肥料對於冬小麥根際土壤中幾個微生物生理羣發育的影響 (單位：個數/1 克土壤)

分析項目 分析時期 肥料處理	好氣性纖維分解細菌			亞硝化細菌		硝化細菌		嫌氣性固氮細菌		
	分蘗期	盛穗期	成熟期	盛穗期	成熟期	盛穗期	成熟期	分蘗期	盛穗期	成熟期
無肥區	0	25	0	5	50	0	0	0	250	250
石灰	0	0	0	5	130	0	25	0	250	250
NPK	0	0	0	20	60	0	60	0	250	1,100
NPK+石灰	0	6	25	130	60	0	0	250	700	1,100
有機肥料+石灰	70,000	700	700	700	1,100	700	700	250	250	250

由表 6 的材料指出，肥料的施用可以促進紅壤中有益微生物的活動，尤以有機肥料的施用，顯著地促進了好氣性纖維分解細菌、硝化細菌的發育。在好氣性纖維分解細菌中曾發現有較多的 *Cytophga*。

至於固氮細菌 (*Azotobacter*)，無論是在上述任何處理的小區土壤中，經多次分析，除一次在一個施有石灰的試驗小區中，分離得一個菌株外，均未發見。爲了了解固氮菌是否能在紅壤中存活而發育，曾將分離得到菌株培養後，以菌液接種土壤，分期進行分析，測定其成活率，其結果列入表 7。

表 7 固氮菌在不同處理小區中的成活率 (單位：個數/1 克土壤)

分析日期		空 白			石灰, 磷肥			石灰, 有機肥料			磷肥, 有機肥料			石灰, 磷肥, 有機肥料			石灰, 磷肥, 有機肥料*		
月	日	固氮菌數量	水分 %	pH	固氮菌數量	水分 %	pH	固氮菌數量	水分 %	pH	固氮菌數量	水分 %	pH	固氮菌數量	水分 %	pH	固氮菌數量	水分 %	pH
6.13	1	2,000	21.4	4.7	2,000	22.5	6.6	2,000	20.3	6.6	2,000	21.2	4.6	2,000	21.8	6.6	2,000	22.0	7.5
	16	0	22.0	—	900	23.5	—	2,010	23.0	—	13	22.9	—	1,100	23.5	—	1,930	23.3	—
	19	14	20.7	—	1,100	21.0	—	1,130	20.7	—	0	20.8	—	1,500	21.0	—	840	20.9	—
	27	0	19.7	4.7	1,210	19.7	6.6	1,100	20.2	6.6	14	20.4	4.6	920	21.5	6.6	1,070	21.3	7.2
7.3	21	0	20.4	—	670	21.2	—	930	21.4	—	0	21.2	—	960	21.5	—	980	21.9	—
	10	0	19.8	4.7	870	18.8	6.6	590	19.6	6.0	0	19.6	4.5	340	19.0	6.6	970	19.0	7.2
	17	0	19.2	—	160	19.6	—	150	19.6	—	15	19.4	—	400	19.8	—	430	19.8	—
	26	0	16.8	4.5	160	17.0	5.5	290	16.8	5.1	0	16.6	4.5	180	16.4	5.4	190	17.0	5.7
9.9	89	0	16.6	—	50	16.8	—	50	16.6	—	0	16.8	—	30	16.4	—	110	16.6	—
	18	0	16.0	4.5	9	17.0	5.4	9	15.8	5.1	0	16.0	4.5	6	16.8	5.1	15	17.1	5.6

* 石灰量爲 450 斤/畝，其餘處理爲 300 斤/畝，磷肥用過磷酸鈣 12 斤 P_2O_5 /畝，有機肥料是堆肥，用量爲 2000 斤/畝。

由表 7 的結果看出,在未施用石灰的處理中,固氮菌接種後迅速死亡。而在施用石灰的處理中,經三、四週後,尚存留大約為原接種量 1/2 的固氮菌細胞,經六週後存留約有 200 個細胞/1 克土壤,三個月後的分析,固氮菌在全部處理中基本上都已死亡,這時施用石灰的處理中 pH 降低到 5.1—5.6,因此我們認為在這樣的紅壤中,土壤酸度的過高是限制固氮菌存在的主要因素之一。結果也說明,用固氮菌懸液來接種土壤的方法是不能成功的。只有在通過各種農業技術措施,提高土壤 pH 值後,才有可能促使固氮菌能够在紅壤中生存。

三、討 論

1. 石灰的施用問題: 在紅壤中施用石灰不但改變了土壤理化性質,而且可以提高土壤微生物過程的強度。從我們分析的材料中可以看出,由於石灰的施用,增加了生長在牛肉膏-蛋白胨瓊脂上的細菌總數。這些腐生性的細菌與土壤有機質的礦化,將有密切的關係。固氮菌的接種試驗結果,也說明紅壤中施用石灰的重要性。至於參加到土壤中碳、氮轉化過程中的主要微生物生理羣,如硝化細菌、纖維分解細菌(如 *Cytophga*)等,他們存在於近中性而肥沃的土壤中,通常把它們認為是肥沃性土壤的“指示菌”,尤其需要通過各項農業技術措施,降低土壤酸度,創造它們的生存條件,而施用石灰提高土壤 pH 值是熟化酸性土壤的基礎。

2. 有機肥料和無機肥料配合施用問題: 在貧瘠的土壤中,無論是施用有機肥料或是無機肥料,都能增加土壤的營養物質,增加微生物的數量,加強它們的活動性。但是好氣性纖維分解細菌和硝化細菌,只有在施用厩肥的處理中才大量的出現,在施用完全無機肥料小區內,這些微生物的數量很少。在施用石灰的各小區中,加施厩肥處理可以保持 pH 值不致下降太多(由原來的 pH 6.2 下降到 6.1),幫助了石灰施用效果,至於加施氮磷鉀無機肥者,則不能保持 pH 值不變,6 個月後降低到 5.1。因此在紅壤中長期單施無機肥料勢必更進一步引起土壤的酸化,即使加施石灰亦不能有效地促進有益微生物的活動。

四、結 論

1. 紅壤中施用石灰降低土壤酸度,促進了生長在牛肉膏-蛋白胨瓊脂上的細菌總數增加,但降低了芽胞桿菌和真菌的數量。

2. 初墾的紅壤荒地,施用氮磷鉀無機肥料,可以增加細菌總數和真菌數量;其中以氮肥對微生物的影響較之磷、鉀肥為大。

3. 在施用石灰的基礎上加施有機肥料(厩肥)顯著地增加了細菌、真菌和芽胞桿菌的數量;保持土壤 pH 在 6.0 以上,幫助了石灰施用效果,創造了好氣性纖維分解細菌

和硝化細菌的發育條件。

4. 在該紅壤中沒有固氮菌，通過接種固氮菌試驗證明，土壤酸度過高是限制固氮菌成活主要因素之一，只有通過各項農業技術措施提高土壤 pH 後，固氮菌的存活才有可能。

參 考 文 獻

- [1] 李慶遠、胡祖光等：磷灰石肥效試驗報告 I, II, III, 土壤學報 2 卷 1 期、2 卷 3 期、4 卷 1 期、1952、1953、1956。
- [2] 劉建業、劉厚培：甘家山試驗場對於紅壤丘陵地栽培綠肥牧草的第一次報告，農業學報 7 卷 1 期、1956。
- [3] Возняковская Ю. М.: Удобрение и микрофлора почв. Микробиология, том 24, вып. 1, 1955, стр. 99—102.
- [4] Дanelia М. К.: Микробиологические процессы в красновоземной почве и влияние различных удобрений на видовой состав бактерий. Бюл. Всес. н-и. ин-та. чая и субтроп культур., 1954, № 2. стр. 123—131; Реф. жур. (биол.), 1956, № 7 (26364).

ПЕРВОЕ РАССМОТРЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВНЕСЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА МИКРОФЛОРЫ В КРАСНОЗЕМАХ

(Резюме)

Цао Чжэн-бан и Фан Цин-шэн

(Почвенный институт АН Китая)

Для выяснения влияния внесения различных удобрений на почвенные микрофлоры в красносёмах в 1956 г. микробиологический анализ проводился на красносёмной опытной станции Ганцзя-шань нашего института на Цзянси. Почвенные образцы для микробиологического анализа взяты с опытных участков, в которые были внесены разные удобрения.

Красносёмы в этом районе развиты на четвертичной красной глине, с тяжелым механическим составом, показатель pH 4.5—5.5; бедны питательными веществами, содержание органических веществ в верхнем горизонте около 1%, растительный покров уже сильно разрушен, теперь только остаются некоторые низкорослые злаковые как *Imperata cylindrica*, *Eremochloa ciliaria* ит. и. Общее число бактерий в поверхностной горизонте целиной земли населяется примерно один миллион на грамм почвы, грибов — 20 тыс., актиномицетов — 30 тыс., спорозоносных бактерий — 40 тыс., азотобактера нет, целлюлозоразрушающих и нитрифицирующих бактерий очень мало, можно сказать, почти нет. О изменении количества микроорганизмов после удобрения получены следующие результаты.

- (1) В известкованных краснозёмах, общее число бактерий, растущих на мясо-пептонном среде с агаром, резко возрастает благодаря повышению показателю рН, но численность грибов и спороносных бактерий относительно уменьшается.
- (2) При внесении минеральных удобрений NPK как на известкованном фоне, так и на неизвесткованном фоне, значительно возрастает общее число бактерий и количество грибов. В частности азотные удобрения более сильно действуют на микроорганизмов, чем фосфорные и калийные. Микроорганизм имеет различную интенсивность в зависимости от дозы фосфорных удобрений. Vegetационные опыты внесения $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_7$ показывают, что при внесении 0.5г. $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_7/6.5$ Кг. почвы получено больше бактерий и грибов, а в контроле и при внесении 1г. $\text{K}_2\text{P}_2\text{O}_7/6.5$ Кг. почвы получено меньше. Влияние разнообразных форм фосфорных удобрений (Костяная мука, апатит) на микроорганизмов не заметно отличается.
- (3) В варианте известкования внесение органических удобрений способствует довольно значительному повышению общего числа бактерий и количества грибов и спороносных бактерий по сравнению с контролем; при этом больше бактерий и бациллов, а меньше грибов в сравнении с вариантом внесения NPK + известки.
- (4) Внесение минеральных удобрений незначительно увеличивает активность аэробных целлюлозоразрушающих, нитрифицирующих и анаэробных азотфиксирующих бактерий, а в варианте внесения навоза резко размножаются нитрифицирующие и аэробные целлюлозоразрушающие бактерии, в то же время среди последних обнаруживается цитофаг. Это показывает, что внесение навоза в краснозёмах оказывает положительное влияние на деятельность микроорганизмов не только в результате обогащения питательными веществами; но и в результате улучшения свойств почвы.
- (5) В этих краснозёмах редко встречается азотобактер. Определённые выживаемости азотобактера в краснозёмах после его прививки в разных делянках опытных удобрений показывает, что почвенная кислотность является одним из главных факторов, тормозящих рост азотобактера. Чтобы придавать краснозёмам возможность условий роста и развития азотобактера, то необходимо прежде всего принимать целый ряд агротехических мероприятий, и в которые включает понижение почвенной кислотности известкованием.