

## 土壤の長期湛水に依る酸化還元電位の變化 (第 5 報)

生育時期を異にする緑肥を鋤込みたる場合

農學博士 澁谷紀三郎・農學士 佐伯秀章・劉建藩

(臺北帝國大學理農學部土壤學肥料學研究室)

昭和 13 年 12 月 19 日 受理

### 緒 論

著者等は土壤を長期に亘り水田状態に湛水せる場合に起る酸化還元電位の變化を、第 1~3 報<sup>(1~3)</sup>に於て數種の土壤を以て比較を行ひ、且つ電位の變化に及ぼす諸條件の影響を検索したり、而して第 4 報<sup>(4)</sup>に於ては、湛水土壤の酸化還元電位に對する有機物の種類の影響、即ち炭水化合物と蛋白との相異、及び無機含窒素物の作用等に關して研究を行ひ、此等の間に明瞭なる差異を認め、炭水化合物は湛水の初期には電位を降下し、後期には却て上昇し、蛋白及無機含窒素物は、湛水の初めは急激に電位を低下し後には緩慢なる降下を繼續する事を報告せり。

斯くの如く炭水化合物と蛋白或は無機含窒素物との間には、其の電位の變化に明瞭なる差異を認めたるが、該實驗に於ては炭水化合物としては Mannite、蛋白としては Casein を用ひたるものなれば更に引續き本報に於ては實用せらるる有機質肥料即ち緑肥を以てこれが檢定を行ひたり。

諸條件の一定せる場合、土壤の電位は微生物の種類に依て影響せらるるは、Burrows 及 Jordan<sup>(5)</sup> 並 Gillespie 及 Rettger<sup>(6)</sup> 其他に依て知られたる所なれ共、又存在する有機物の種類に依る影響も充分考慮せらるべく、既に Burrows 及 Cordon<sup>(7)</sup> は畑地状態の土壤に於て炭水化合物と蛋白の影響を検し、微生物の種類の如何に拘らず之等兩者間に顯著なる電位の差異を見出せり。著者等の實驗<sup>(4)</sup>に於ても前記の如く、水田状態に於て明瞭なる差異を見出したれば、微生物の種類の如何に拘らず有機含窒素物と炭水化合物との間に於て、斯くの如く電位の變化に逕庭の存する事は農業實際の立場に於ても考慮を要すべき事柄なり。茲に臺灣に於ける緑肥作物として田菁及豌豆を便宜選定し、之を老、幼の 2 期に區別し、2 種の土壤を用ひて、緑肥の C/N に從て示す電位變化の比較檢定を行ひたり。

### 實 驗

#### A. 實 驗 方 法

供 試 土 壤:—

D. 479 新竹州平鎮中央研究所茶業試驗支所裏山、未耕地、表土、赭土。

D. 484 臺北市富田町大學構内、未耕地、表土、砂岩頁岩質壤土。

之等の土壤は 0.5 mm 以下に篩別せるものを供用せり。

供 試 綠 肥:—

田菁 (*Sesbania Sesban*, (Linn.) Merrill) 及豌豆 (*Pisum sativum*, Linn.) の地上部を次表の如く 2 期に分ちて採取し、細かに切斷して 60°C に 4 時間乾燥したるものを供用せり。その化學分析の結果は第 1 表の如し。

## 測定法:—

各 7g の土壤に，上記の如く 60°C にて4時間乾燥したる緑肥の 0.7g (土壤の 10% に相當) を加へ能く混和し，之に 7cc の水を以て湛水状態となし，空氣との接觸を避くるため水面に流動パラフィンを浮べ，更に密栓をなし其周圍をパラフィンにて塗布せり。これを前實驗同様 33°C の恒溫器中に保持して 10 週間に亘り實驗を行ひたり。電位測定装置も前報同様 Brown 法<sup>(8)</sup>に準據し，毎回の測定には分極等因る誤差を避けんが爲めに，同一試料を使用せず，又 1 回の測定には 3 箇の同一區を以てし，而かも 3 箇の電極を各別に使用して，電極の條件に伴ふ誤差を軽減せしめたり。尙土壤に緑肥を加へずして湛水状態に保持せるものを標準區となせり。

## B. 實驗成績

以上の方法を以て各湛水期間に於ける土壤の酸化還元電位及 pH の測定を行ひたるに，第 2 及第 3 表並第 1 及第 2 圖に示す成績を得たり。

第 1 表 田菁及豌豆の成分

綠肥	生育日數	風乾物 (%)			乾物 (%)		C/N
		水分	C	N	C	N	
豌豆							
未熟	28	52.18	14.96	1.72	31.29	3.59	8.7
成熟	42	73.17	9.65	0.93	38.90	3.47	11.2
田菁							
未熟	56	76.24	8.50	0.98	35.76	4.11	8.7
成熟	132	74.36	8.40	0.72	32.80	2.79	11.8

第 2 表 湛水土壤の酸化還元電位並反應

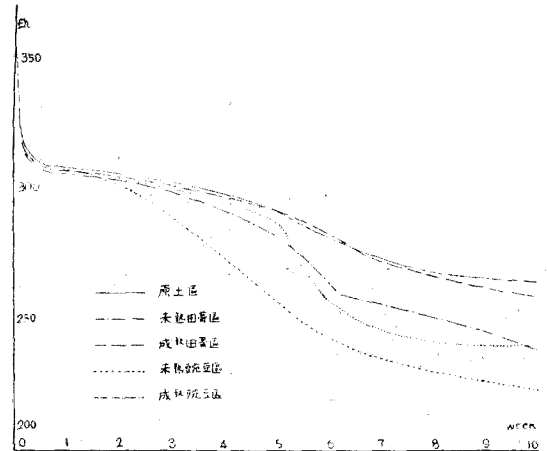
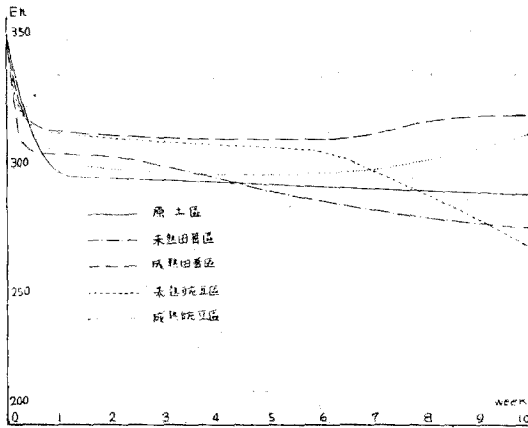
## D. 479 粘土

湛水期間	標準區 (原土)		田菁區				豌豆區			
			未熟		成熟		未熟		成熟	
			C/N=8.7		C/N=11.8		C/N=8.7		C/N=11.2	
	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH		
0日	349	5.6	347	6.5	348	6.5	347	6.6	348	6.7
1	310	4.2	334	4.7	329	5.0	323	6.0	339	4.5
2	310	4.4	305	4.8	311	5.3	323	6.0	324	4.5
3	312	4.4	314	5.0	306	5.3	325	5.0	314	4.8
5	300	4.6	318	5.2	303	5.2	311	5.7	307	4.8
1週	285	4.9	318	5.2	306	5.1	313	5.0	299	5.0
2	285	5.0	303	5.5	309	4.6	308	5.3	297	5.2
3	286	5.3	308	5.5	304	4.9	299	5.3	296	5.2
4	292	5.8	294	5.7	309	4.8	306	5.0	296	5.4
5	299	6.2	288	5.8	309	5.0	305	5.2	295	6.0
6	292	6.0	289	5.9	310	5.0	308	5.1	295	6.0

7	299	6.1	301	6.0	302	5.1	290	5.5	307	6.1
8	283	5.9	278	6.1	321	5.0	296	6.1	309	6.0
9	289	5.9	271	6.3	316	5.2	281	6.7	312	6.0
10	284	6.2	275	5.9	320	5.1	266	6.8	315	5.2

第 2 圖 砂岩頁岩質土壤の酸化還元電位曲線

第 1 圖 赭土の酸化還元電位曲線



第 3 表 湛水土壤の酸化還元電位並反應

D. 484 砂岩頁岩質壤土

湛水期間	標準區 (原土)		田 菁 區				豌豆 區			
			未 熟		成 熟		未 熟		成 熟	
			C/N=8.7		C/N=11.8		C/N=8.7		C/N=11.2	
	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH	Eh	pH
0日	357	5.6	362	7.1	360	7.0	356	6.9	362	6.9
1	326	4.9	336	5.0	322	5.7	320	6.0	327	6.0
2	309	5.0	311	5.4	308	5.2	319	5.4	314	5.4
3	309	5.1	313	5.2	312	5.3	320	5.5	311	5.5
5	310	5.3	311	5.2	309	5.4	315	6.2	311	6.2
1週	312	6.0	310	5.6	307	5.2	311	5.3	306	5.3
2	308	5.9	304	6.0	306	4.8	304	6.1	305	6.1
3	304	6.4	299	6.1	289	5.7	290	5.5	301	5.5
4	300	6.5	288	6.6	300	5.9	258	5.9	295	5.9
5	294	6.5	291	6.9	292	6.3	261	6.9	290	6.9
6	276	6.3	258	6.8	284	6.3	241	6.9	258	6.9

7	273	6.2	258	6.9	269	6.3	235	6.9	243	6.9
8	270	6.1	235	6.8	270	6.5	228	7.1	243	7.1
9	270	6.2	238	6.6	253	6.6	229	7.6	245	7.6
10	265	5.8	243	6.2	260	6.7	224	7.3	240	7.3

上の結果に於て先づ赭土區を觀るに、綠肥を加へざる原土の電位は、湛水初期1週間に於て急激に降下を來し、2週間前後よりは殆ど一定となりて大なる變化を認めず。次に未熟田菁區に於ては最初に急激に降下を示し、其後は徐々に電位を低減せり。成熟田菁區も最初の1週間に著しく降下を來せども其後は緩慢にして、7週間以後に於ては却て電位は上昇するを認めたり。豌豆區に在つては、その未熟なるものは、湛水最初の1週間に於て電位の降下は著しく、其後は緩慢なれども、6週間以後より再び稍著しき降下を示せり。成熟豌豆區も、湛水後期に至る迄は未熟區と同様な電位の低下を示せども、後期に至つては却て稍顯著なる上昇を表せり。

田菁區と豌豆區とを、その分解に基く電位の變化に依て比較するに、湛水末期に於ては明かに豌豆區の電位が低し。又之等綠肥をその成熟せるものと、未熟なるものとに依て電位の變化を比較すれば、何れも未熟なるものは、湛水期間の経過と共に次第に電位を低下すれども、成熟綠肥は湛水後期に至つて却て上昇するを認めたり。

次に砂岩頁岩質土壤の場合を觀るに、原土區及これに綠肥を加へたる區何れも、湛水初期に其酸化還元電位は急激に低下し、其後次第に降下して湛水終期に及べり。而して田菁と豌豆との電位の變化を比較すれば、その老幼を問はず電位の降下は豌豆區に於て顯著なり。又電位の變化を之等綠肥の生育程度に依て比較を行ふに、未熟なる綠肥は何れも低き電位を示せり。且つ湛水後期に於ける電位曲線は、未熟なるものは尙次第に降下を繼續すれども、成熟綠肥は、未熟なるものに比して曲線の低下極めて緩慢となるか、或は殆ど變化を認めざるに至る。

以上の結果を綜括して考察を行ふに、何れの區もその酸化還元電位は湛水初期に於て急激なる降下を示せるが、此事實は既に認めたる所にして<sup>(1-4)</sup>、酸素の供給不充分なる湛水の状態に至れば、本實驗の溫度に在ては嫌氣性微生物の活動は急激に活潑となり、從てその當初に於て著しく還元状態が増進するものと考へらる。

綠肥を加へたる赭土區の電位は、砂岩頁岩質土壤の場合よりも常に高く、還元状態の弱き事を示したるが、赭土は一般に真正細菌に乏しく絲狀菌を割合に含む土壤にして<sup>(9)</sup>、一般概念に依れば綠肥の如き有機物の嫌氣的分解には、アクチノミセス或は絲狀菌よりも真正細菌の作用が大なれば本土壤に於ては此作用は比較的緩慢なるべく、從て綠肥を加へたる赭土の酸化還元電位の低下も顯著ならざるものと思はせらる。

田菁と豌豆の分解に基く電位の變化を互に比較するに、土壤の如何及之等綠肥の老幼を問はず、常に田菁を加へたる區は豌豆區に比して高き電位を示したり。之等の綠肥の C/N 比は、第1表に示したる如く兩者略等しく殆ど同一の比率を有せりと雖も、田菁は比較的リグニン含量高きものなれば<sup>(10)</sup>、豌豆に比して分解が緩慢となり、從てその酸化還元電位の低下も豌豆に及ばざるものなるべし。

田菁と豌豆との示す電位を、其生育時期に依て比較を行ふに、何れも未熟期のものは成熟期のものよりも低き電位を示し、分解顯著にして還元状態の大なるを認む。是れ兩作物の C/N 比は、未

熟のものは 8.7, 成熟期のものは 11.2~11.8 にして, 前者が低く且つ未熟のものは水溶性有機物に富み, 分解困難なる纖維及びリグニン等を含む事小なれば<sup>(10)</sup>, 之等の理由に因つて未熟期のものが分解顯著となり, 延いてその電位の低下も大となれるものなり。

而して未熟, 成熟兩者の灌水後期に於ける電位の變化を較ぶるに, 既述の如く互に趣を異にし, 未熟區の電位は尙次第に降下を繼續せるに反し, 成熟區に於ては電位降下の速度極めて緩慢となるか或は却て上昇するを認めたり。此事實は前報<sup>(1)</sup>にて認めたる炭水化物と蛋白或は含窒素物との間に於ける電位變化の相異と關聯して興味ある所なり。即ち前報に於ては, 蛋白及含窒素物は, 灌水後期に至るも若干の電位の降下を示せるも, 炭水化物は却て上昇を示す事を認めたり。而して此際系の C/N 比を増減する事により, 其比に應じて電位曲線は炭水化物或は含窒素物何れかの電位曲線に接近せり。本報に於ける未熟綠肥と成熟綠肥との電位曲線の差も, 一にその C/N 比の相異に歸因すべく, 未熟のもの C/N 比は 8.7 にして, 其比 11.2~11.8 なる成熟期のものよりは小なり。従て未熟綠肥は寧ろ含窒素物の表す曲線に接近し, 反之成熟綠肥は炭水化物の作用を比較的強く表し, その灌水後期に於ける電位曲線は, 上昇するに至るか或は降下が未熟區のものに比し極めて緩慢となるに至れるものなり。而して此際若し成熟, 未熟兩區の C/N 比の較差が更に大ならば之等兩區の曲線の相異は一層顯著に表るるものと考へらる<sup>(4)</sup>。

要するに綠肥の灌水下に於ける分解は, その老幼の如何に基く C/N 比の相異に伴つて, 酸化還元状態に差異を來し, C/N 比高き成熟綠肥は, 炭水化物の作用が強く表れ, 灌水後期に於ては却て酸化状態が増進する傾向を示すものなり。而して此現象は綠肥の C/N 比の高き程顯著に表るるものと思はせらる。

### 總 括 及 結 論

水田状態に於ける土壤に, 炭水化物或は蛋白等を添加する時は, 分解に基く酸化還元電位の變化は, その C/N 比の如何に依て差異を來し, C/N 比の低き場合は, 蛋白等の性質が顯著に表れて後期に至る迄電位の漸減を繼續するに反し, 其比の高き場合は炭水化物の作用が顯著となり, 分解の進行と共に電位は再び上昇し, 酸化状態を増すに至る事を前報<sup>(1)</sup>に於て認めたり。斯くの如き炭水化物と蛋白の如き含窒素物との, 電位變化に及ぼす相異は, 實際上にも興味の存する所なれば, 本報に於ては水田状態の土壤に, 綠肥作物を加へ, その未熟にして C/N 比の低きものと, 成熟して C/N 比の高きものとの間に於て表す酸化還元電位の變化に, 以上の如き相異の認めらるるや否やを, 2 種の土壤と, 2 種の綠肥を用ひて研究を行ひたり。土壤は臺灣に於ける赭土及砂岩頁岩質壤土を用ひ, 綠肥は田菁 (*Sesbania Sesban*, (Linn.) Merrill) 及び豌豆 (*Pisum sativum*, Linn.) を選び, 而かも一定の生育日數を有する未熟のものと, 成熟期のものに分ち用ひたり。未熟綠肥の C/N 比は, 田菁, 豌豆何れも 8.7 にして, 成熟期のものの C/N 比は, 田菁に於て 11.8, 豌豆に於て 11.2 なり。之等の新鮮なる綠肥の一定量を各別に土壤に添加混和し, 30°C に於て 10 週間灌水を行ひ, 各期間に於ける酸化還元電位を測定せり。測定装置及方法は凡て前報<sup>(1~4)</sup>に準じたり。

其結果の大要を記するに次の如し。

綠肥を添加せる灌水土壤の電位は, 土壤の種類に依て顯著なる相異を示し, 赭土の電位は砂岩頁岩質土壤よりも常に高く, 還元作用の弱き事を示したり。是れ赭土は絲狀菌を有するも, 眞正細菌

に比較的缺乏し、而して真正細菌は絲狀菌よりも綠肥等の嫌氣的分解には作用大なるが普通なれば從て締土に於ける還元分解作用が比較的緩慢となれる事を指示せるものなり。

綠肥の分解に基く電位を、田菁と豌豆に於て比較を行ふに、土壤の如何、及此等の老幼を問はず常に、田菁を加へたる區は豌豆區に比して高き電位を示したり。之等兩種綠肥の C/N 比は、未熟成熟各期共田菁、豌豆互に略同一なりと雖も、田菁はリグニンに比較的富めるが爲め、分解に難易の差を來し、從て田菁區の電位の降下は豌豆區に及ばざるものなるべし。

田菁及豌豆の分解に基く電位の變化は、その未熟のものゝと成熟せるものとの間に差ありて、成熟期のものは一般に電位は高し。是れ成熟綠肥は、未熟のものよりも C/N 比低く、且つ水溶性有機物量少く、纖維及リグニン含量の高き事に因るものなり。而して成熟、未熟兩區の電位の變化は、灌水後期に至つて互に趣を異にし、未熟のものゝの電位は、灌水後期に於ても漸次低下を續け、前報に於ける含窒素物の表す電位曲線に相似の傾向を採れども、成熟綠肥の電位は、炭水化物の表す電位曲線に近似し、後期に至つて寧ろ上昇する傾向を示せり。是れ未熟綠肥は、成熟せるものよりも C/N 比が低ければ、前報所論<sup>(1)</sup>の如く含窒素物の性質が強くと表れ、反之 C/N 比の高き成熟綠肥は寧ろ炭水化物の性質が顯著となりて、後期に於て電位曲線は上昇するに至れるものと考へらる。要するに、前報<sup>(1)</sup>に於て C 源として炭水化物を、N 源として蛋白其他の含窒素物を、種々の割合に加へたる場合と同様、綠肥作物を用ひたる場合も、分解に基く電位の變化は、其 C/N 比の大小に依て、C-化合物或は N-化合物何れかの表す夫れと類似の傾向を示すことを認めたり。

## 文 獻

- (1) 澁谷・佐伯・劉：日本農藝化學會誌，12, 62, (1936).
- (2) 澁谷・佐伯・劉：同誌，12, 1141, (1936).
- (3) 澁谷・佐伯・劉：同誌，13, 529, (1937).
- (4) 澁谷・佐伯・劉：同誌，14, 35, (1938).
- (5) Burrows, W. and E. O. Jordan: Journ. Infect. Diseases, 56, 255, (1935).
- (6) Gillespie, R. W. H. and L. F. Rettger: Journ. Bact., 31, 14, (1936).
- (7) Burrows, W. and T. C. Cordon: Soil Sci., 42, 1, (1936).
- (8) Brown, L. A.: Soil Sci., 37, 65, (1934).
- (9) 足立仁：熱帶農學會誌，3, 139; 274, (1931); 4, 168, (1932); 5, 15; 121, (1933).
- (10) 鎌倉武富：本學卒業論文 (1934).