

## 圧密条件下における土壌物理性の変化と草類根系の発達\*

河野憲治\*\*・尾形昭逸\*\*・多幾山進\*\*

キーワード 根系発達, 土壌物理性, 土壌圧密, 通気係数

### 1. はじめに

草地は一般に長期間耕起することなく利用するため、家畜の踏圧あるいは作業機械による圧密によって土壌の物理・化学性が劣悪化し<sup>1,2)</sup>、牧草の生育が低下すること<sup>3,4)</sup>が知られている。

こうした圧密による土壌の劣悪化と作物の生育との関連について、PHILLIPS ら<sup>5,6)</sup>、SHIERLAW ら<sup>7)</sup>、FERNANDO ら<sup>8)</sup>、RAGHAVAN ら<sup>9)</sup>はトウモロコシ、大崎ら<sup>3)</sup>、THOPSON ら<sup>10)</sup>、AGNEW ら<sup>11)</sup>、SHILLS ら<sup>12)</sup>は牧草、芝など、ASADY ら<sup>13)</sup>はインゲンマメで検討し、圧密によって土壌硬度、密度、固相率が上昇し、根の発達が抑制されること、また、空気孔隙量が減少し、根の養分吸収などの機能が低下し、生育が抑制されることなどを明らかにしている。しかし、圧密条件下での草類の生育や根系の発達と土壌物理性との関連を総合的に検討した例<sup>5)</sup>は少なく、草地更新時期の判断となる土壌サイドの指標あるいは草地維持年限の延長手段、簡易で効果的な更新方法などはいぜん判然としないのが現状である。

一方、圧密による土壌物理・化学性の劣悪化の程度は、土壌の性質によって異なり、作物の生育などへの影響も作物の種類によって異なる<sup>14)</sup>。また、牧草では経年変化に伴い、圧密の影響が逆に緩和されることや、牧草の生産は不耕起でも耕起した場合と変わらないとの報告<sup>3)</sup>もある。さらに、草地の維持年限もその立地によって大きく異なる。これらの差異は土壌の物理・化学的性質の差異のみならず、圧密による土壌物理性の劣悪化に対する草類根の適応能力の差異にも起因すると考えられる。

そこで、圧密条件下での土壌物理性の劣悪化を、草類根の適応能力を利用しつつ防止し、牧草の生育を確保することによって草地維持年限の延長を図ることの可能性を探ることを目的として本研究を実施した。そのためには、圧密条件下における草類の生育、とくに根系の発達

と関連の深い、簡易に測定しうる何らかの土壌物理性の指標が必要となる。本報では、まず永年放牧草地土壌の物理・化学性の特徴を把握し、圧密条件下における牧草の生育、とくに根系の発達と土壌物理性の変化および根系の発達と関連する土壌物理性の簡易な指標について検討した結果について報告する。

### 2. 材料および方法

#### 1) 現地調査

調査地点は岡山県矢掛町育成牧場で岡山県西南部に位置し、総面積約 120 ha、標高 250~330 m の丘陵地に立地する。放牧草地 76.5 ha、採草地 15.4 ha を保有し、土壌は花崗岩を母材とした褐色森林土である。本牧場内で 8 年間放牧利用されている永年放牧草地と毎年、簡易耕起、播種、採草を繰り返している採草地で選定し、おのおの 3 カ所で収量調査をした後、試坑を掘り土壌硬度、通気係数、三相分布、酸素拡散速度などを測定し、また採取した土壌サンプルの土壌化学分析を行った。

#### 2) コンクリート枠試験

処理区設定：土性や通気性などの土壌物理性を変えた条件を設定するため、土壌改良資材として市販されているパーライトの 2 mm 以下の粒径を添加材として使用した。0.9 m×0.9 m の無底コンクリート枠に庄原市七塚原の未耕地の黒色火山灰土壌（以下黒ボク土）、福山市箕島の花崗岩由来の鉍質酸性土壌（以下鉍質土）、鉍質土にパーライト 10%(v/v%) 添加 (PL 10% 土)、鉍質土にパーライト 30% 添加 (PL 30% 土) の 4 段階の土性を示す土壌を供試し、コンクリート枠に 40 cm の深さとなるよう充填した。その際、できる限り土壌化学性は同様として土壌物理性のみを変えた処理区とするよう上部 0~15 cm の層には窒素、リン、カリウム、おのおの 200 kg N/ha、150 kg P/ha、150 kg K/ha を均一に混入した。その後、締め固め最適含水比（鉍質土 9%、黒ボク土 40%）に水分調整した後、<sup>5)</sup>自重 10 kg、底面積 300 cm<sup>2</sup> の木製踏圧器具を用いて均一につき固め、3 段階の土壌圧密処理区を設定した。すなわち、各土壌で無圧密処理（以下 NC）、低圧密処理（以下 LC）、高圧密処

\* 本報告の概要は 1986 年 10 月、1986 年度日本草地学会大会（宮崎・宮崎大）において発表した。

\*\* 広島大学生物生産学部（724 東広島市鏡山 1-4-4）  
1991 年 9 月 27 日受理

日本土壌肥料学雑誌 第 63 巻 第 2 号 p. 154~160 (1992)

第1表 放牧草地および採草地の土壌層別無機成分含量（風乾土中）

調査地点	土層の深さ (cm)	全C (%)	全N (%)	可給態P (Bray II) (ppm P)	可給態塩基 (mg/100g)		
					K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
採草地	0~10	1.80	0.11	50.1	3.47	50.4	4.2
	10~20	0.49	0.02	21.3	1.21	77.2	2.4
	30~50	0.14	0.01	3.3	1.35	14.1	1.6
放牧草地	0~10	3.04	0.19	39.4	6.40	122.5	9.3
	10~20	0.66	0.03	15.8	1.75	67.6	6.6
	30~50	0.48	0.02	3.3	2.16	3.7	1.5

理（以下 HC）の3段階の処理区を設けた。

各処理区の土壌硬度、通気係数、三相分布などを深さ別に測定した。各処理区を前述の方法で復元した後、1986年7月24日に初期生育が速く養分欠乏に対する耐性が高い暖地型草種のシコクビエ (*Eleusine coracana* GAERTN) を稈当たり 3.24g 播種した。栽培中は過乾、過湿とならないよう地表より灌水した。シコクビエの生育に明らかな差異が認められた播種後14日目の地上部、根部の試料を採取し、80°C 24時間熱風乾燥後粉碎し分析に供した。ただし、根部試料は乾燥前に根長の測定に供した。

### 3) 土壌物理性測定

通気係数：土壌通気性測定器 (DIK-H-I 型) を用いて、現地でステンレス製打込みシリンダーを地中に打ち込み、空気導入管を接続して通気係数を求めた。

土壌硬度：通気係数を測定した同地点に試坑を掘り、山中式土壌硬度計を用いて測定した。

土壌三相分布：土壌深さ別に 100 cm<sup>3</sup> 容の採土管に試料採取して土壌三相計 (DIK-1110 RI 型) を用いて測定した。

酸素拡散速度：土壌深さ別に同時に5カ所電極を挿入し土壌酸素拡散計 (DIK-5100) を用いて測定した。

### 4) 土壌分析

粒径組成：国際土壌学会法の粒径区分に従って、ピペット法により測定した。

炭素 (C)、窒素 (N) は柳本製 CN コーダにより定量し、可給態リン (P) は Bray II 抽出液 (1:7) を塩酸モリブデン法にて定量した。また、可給態カリウム (K)、カルシウム (Ca)、マグネシウム (Mg) は 0.2 N HCl 抽出液 (1:5) を K では炎光光度法、Ca、Mg では原子吸光光度法により測定した。

### 5) 植物体分析

N はセミマイクロケルダール法で、P は硫酸モリブデン法、K は炎光光度法、Ca、Mg は原子吸光光度法で定量した。なお、土壌物理性測定は5反復、化学分析は2反

復で測定した。

## 3. 結果および考察

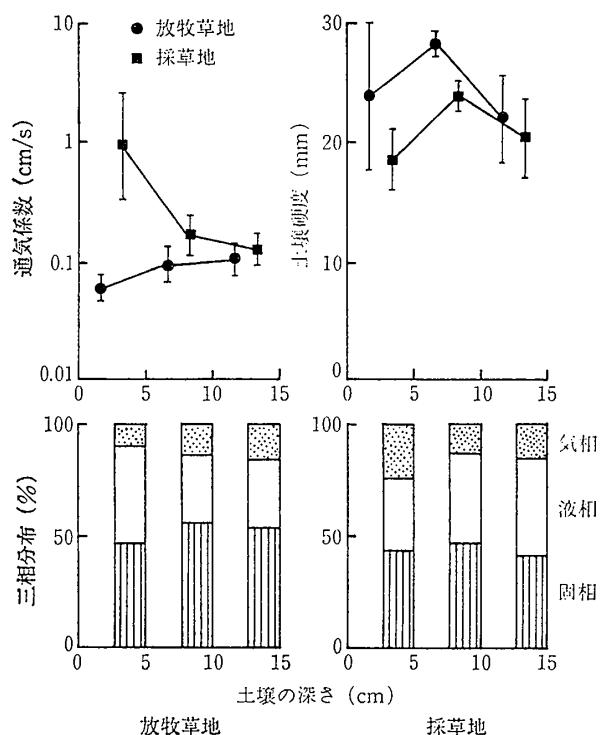
### 1) 現地調査

(1) 牧草生産量：放牧草地と採草地の年間の生草収量は採草地で 62 t/ha、放牧草地で 30 t/ha と放牧草地で明らかに低かった。両草地では利用目的が異なるため、草種も採草地ではイタリアンライグラス、放牧草地ではベレニアルライグラス、オーチャードグラス、白クローバーの混播と両草種で異なり、施肥量も目標収量も異なったが、これらを考慮しても放牧草地の収量は低く、目標収量には達していなかった。

(2) 土壌化学性：放牧草地と採草地の土壌深さ別の無機成分含有率を第1表に示した。両草地の無機成分含有率は土壌深の浅いほど高く、0~10 cm で最も高く 30 cm 以下では著しく低かった。放牧草地の無機成分含有率は採草地と比較して可給態Pでやや低かったが、N、K、Ca、Mg では約1~2倍と高く、その傾向はとくに0~10 cm で顕著だった。一般に草地では長期間耕起せず表面施肥するため、移動しにくい元素では表層に集積しやすいといわれているが、土壌中で最も移動しにくいPでも、放牧地の表層への集積は認められず、またその他の元素も両草地で最大で2倍程度の差にとどまった。さらに、草地土壌生産力可能性分級によると、放牧地のP含量も中以上の区分に属し、養分豊否の面からは放牧草地でも採草地に劣ることなく、土壌の養分含量が直接放牧草地の収量低下の要因になっているとは考えにくかった。

(3) 土壌物理性：現地土壌中の酸素拡散速度は反復間のばらつきが大きく、両草地間で有意差が得られなかった。これは調査時期が夏期の乾燥時であったことから、安田が指摘したように、酸素拡散速度の測定が多水分条件で行われなかったことによると考えられる。

そのため、差異の認められた通気係数、土壌硬度、三相分布の結果を第1図に示した。



第1図 放牧草地と採草地の土壌物理性  
図中の——は標準偏差を示す。

通気係数は放牧草地で 0.08 cm/s (0~5 cm), 0.10 cm/s (5~10 cm), 0.12 cm/s (10~15 cm), 採草地で 0.95 cm/s (0~5 cm), 0.25 cm/s (5~10 cm), 0.15 cm/s (10~15 cm) といずれの土壌深でも採草地より放牧草地で低く, その差はとくに 0~5 cm の表層で顕著であった。固相率は放牧草地で 47% (0~5 cm), 57% (5~10 cm), 54% (10~15 cm), 採草地で 45% (0~5 cm), 48% (5~10 cm), 42% (10~15 cm) といずれの土壌深でも採草地より放牧草地で高く, その差はとくに地表下 5~10 cm で顕著であった。土壌深さ別の土壌硬度は放牧草地で 24 mm (0~5 cm), 28 mm (5~10 cm), 22 mm (10~15 cm), 採草地で 18 mm (0~5 cm), 24 mm (5~10 cm), 20 mm (10~15 cm) と放牧草地, 採草地ともに地表下 5~10 cm で最も高く, いずれの土壌深でも採草地より放牧草地で高い傾向を示し, その傾向は 0~10 cm の深さでとくに顕著であった。気相率は通気係数と類似の傾向を示した。また, 両草地土壌の粒径分析の結果, たとえば, 10~20 cm の深さで, 放牧草地では粗砂 6.3%, 細砂 24.5%, シルト 41.0%, 粘土 23.4% で採草地では粗砂 10.4%, 細砂 29.2%, シルト 33.8%, 粘土 23.7% であり, 放牧草地は採草地に比べ粗砂や細砂含有率が低く, シルトや粘土含量が高い傾向が認められた。

したがって, 放牧草地では採草地に比べてとくに 0~10

cm の表層で土壌硬度, 固相率が高く, 気相率や通気係数が低いなどの特徴が認められ, DAVIES ら<sup>2)</sup>, 高畑<sup>1)</sup>と同様の結果を得た。また放牧草地では草類根が表層に集中するいわゆるルートマットの形成が認められた。これらのことから, 放牧草地では家畜の踏圧によって土壌物理性が劣悪化し, その結果, 牧草の根系発達が悪化となり, 生産性低下を誘引していることを示唆した。しかしながら, 実際の草地で, 草類の生育と土壌の物理性との関係を検討するには, 種々の要因が複雑に関与しているため解析しにくい。そこで, 土壌物理性以外の要因はできる限り同一の条件となるように設定した枠試験で, 圧密条件下におけるシコクビエの生育, とくに根系の発達と土壌物理性との関連を検討した。

## 2) コンクリート枠試験

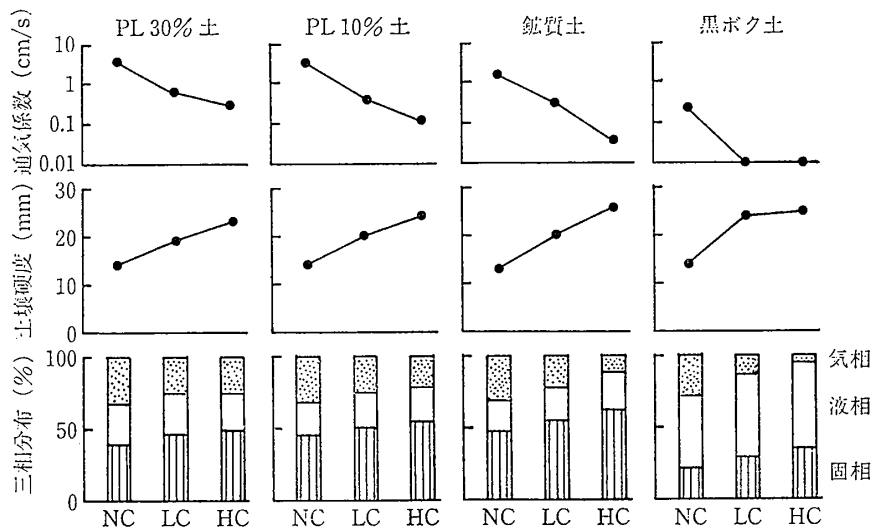
(1) 土壌物理性: 供試土壌の粒径組成は, 鉍質土では粗砂 63.3%, 細砂 26.5%, シルト 6.6%, 粘土 2.1% と粗砂, 細砂含量が著しく高く, これにパーライトを容積率で 10, 30% を添加した場合, 粗砂含量は PL 10%, PL 30% 区でそれぞれ 67, 74%, 細砂は 23.9, 18.6%, シルトは 5.4, 4.6%, 粘土 1.9, 1.5% と粗砂, 細砂含量が増加し, 土壌粒子は粗くなった。それに対して, 黒ボク土は粗砂 7.6%, 細砂 35.4%, シルト 33.0%, 粘土 23.0% と, シルトや粘土含量が多かった。

圧密処理後の 5~10 cm における通気係数, 硬度, 三相分布を第 2 図に示した。

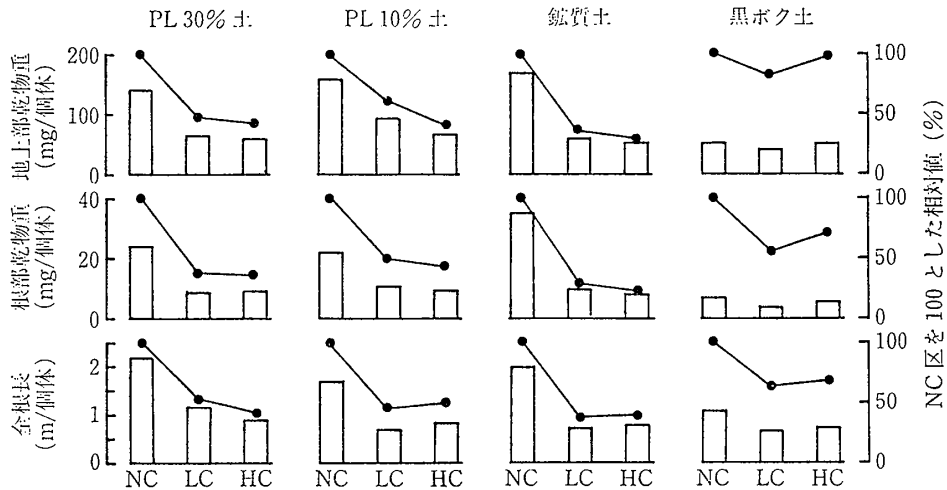
通気係数は圧密の高いほど顕著に低下した。また土壌深さ別にみると, 0~5, 5~10, 10~15 cm の順に, PL 30% 土の NC 区では 5.3, 4.6, 5.0 cm/s, LC 区では 1.4, 0.8, 1.2 cm/s, HC 区では 0.5, 0.6, 0.6 cm/s と, 5~10 cm 層で最も圧密の影響を強く受けていた。この傾向は他の 3 土壌でも同様であったが, 圧密に伴う通気係数の低下程度は黒ボク土 > 鉍質土 > PL 10% 土 > PL 30% 土の順に大きく, とくに黒ボク土では LC, HC 区の通気係数は著しく低い値であった。

土壌硬度は圧密の高いほど上昇し, また, 土壌深さ別にみると, 0~5, 5~10, 10~15 cm の順に, PL 30% 土の NC 区で 13, 14, 11 mm, LC 区で 16, 19, 18 mm, HC 区で 18, 23, 21 mm と, いずれの圧密区でも 5~10 cm 層で最も高く, この傾向は PL 10% 土と鉍質土でさらに顕著であった。また黒ボク土の土壌硬度は圧密に伴って上昇したが, いずれの区も鉍質土より低かった。

気相率は圧密の高いほど低下し, また, 土壌深さ別にみると, 0~5, 5~10, 10~15 cm の順に, PL 30% 土の



第2図 土壌物理性に及ぼす土壌圧密の影響  
NC, 無圧密区; LC, 低圧密区; HC, 高圧密区.



第3図 ショクビエの地上部、根部乾物重、全根長に及ぼす土壌圧密の影響  
NC, 無圧密区; LC, 低圧密区; HC, 高圧密区.

NC 区で 36.3, 32.4, 30.2%, LC 区で 27.3, 25.2, 24.5%, HC 区で 28.1, 24.1, 17.3% と、いずれの圧密区でも 10~15 cm で最も小さかった。この傾向は PL 10%土, 鈹質土, 黒ボク土と、粗砂, 細砂含量の低い土壌ほど顕著であった。

このように圧密によって、土壌物理性の各指標のうち、通気係数、土壌気相率は著しく低下、硬度と固相率は上昇し、これらの低下あるいは上昇の程度は粗砂や細砂含量の低い土壌ほど顕著であった。また圧密による土壌物理性の変化は地表下 5~10 cm の深さで最も大きく、現地調査の結果ともよく一致した。

(2) ショクビエの乾物重と全根長：ショクビエの地上部、根部乾物重および全根長と NC 区を 100 としたおのおのの相対値を第3図に示した。

地上部乾物重は PL 30% 土, PL 10% 土, 鈹質土では NC 区で著しく高く、LC, HL 区で低く、圧密の高いほどわずかに低下した。NC 区を 100 とした相対地上部乾物重は HC 区では PL 30% 土, PL 10% 土, 鈹質土でおのおの 42, 40, 29% となり、その低下程度は鈹質土で最も大きかった。黒ボク土では NC 区の乾物重が他の土壌の高圧密区と同程度と著しく低く、乾物重は土壌圧密処理によってほとんど変動しなかった。

ショクビエの根部乾物重は鈹質土の NC 区で著しく高かったこと、PL 30% 土の LC, HC 区ではほぼ同様の値であったことを除くと、地上部とほぼ同様の傾向を示した。

ショクビエの全根長は圧密によって、いずれの土壌でも著しく低下し、その低下割合は鈹質土>PL 10% 土>

第 2 表 ショクビエ地上部の無機成分含有率 (% DM)

供試土壤	処理	無機成分含有率				
		N	P	K	Ca	Mg
PL 30% 土	NC	2.70	0.58	4.67	0.89	0.42
	LC	2.15	0.53	4.40	0.93	0.44
	HC	1.86	0.44	3.51	0.95	0.47
PL 10% 土	NC	2.06	0.60	4.93	0.76	0.49
	LC	2.53	0.64	4.92	0.72	0.52
	HC	2.64	0.46	4.42	0.72	0.48
鉍質土	NC	2.17	0.63	4.78	0.74	0.48
	LC	2.42	0.59	4.60	0.70	0.54
	HC	2.36	0.39	3.88	0.70	0.49
黒ボク土	NC	3.67	0.29	4.74	1.94	0.43
	LC	3.65	0.31	5.08	1.95	0.45
	HC	3.57	0.23	4.45	1.74	0.38

第 3 表 土壤物理性とショクビエの地上部、根部乾物重および全根長との関係 (n=12)

	通気係数	硬 度	気相率
地上部乾物重	0.826**	-0.678*	0.677*
根部乾物重	0.730**	-0.578*	0.647*
全 根 長	0.908**	-0.639*	0.733**

\*, \*\* 5%および1%水準で有意.

PL 30% 土 > 黒ボク土の順に大きかった。また、PL 10% 土、箕島土、黒ボク土の LC と HC 区の差は明瞭でなかった。

ショクビエの地上部無機成分含有率は、各土壤区とも圧密が高いほど P と K で低下する傾向が認められ、黒ボク土に生育したショクビエの無機成分含有率は他の 3 土壤に比較して N と Ca で高く P で低い傾向を示した (第 2 表)。しかしながら、いずれの要素含有率も欠乏による生育阻害を示すほど低くはなかった。

(3) 土壤物理性とショクビエの生育との関連: 通気係数、硬度、気相率とショクビエの地上部、根部乾物重および全根長との関連をみると、第 3 表に示すように、通気係数とショクビエの地上部、根部乾物重、全根長との間におおの 0.826, 0.730, 0.908 といずれも 1% 水準で有意に高い相関を示した。

気相率は地上部、根部乾物重と 5% 水準で有意に、全根長と 1% 水準で有意であり、硬度はすべて 5% 水準で有意な相関が認められた。これらの結果から、ショクビエの生育と土壤物理性との関係では、通気係数、硬度、気相率のうち、とくに通気係数とショクビエの地上部、根部乾物重および根長との間に高い相関が認められた。圧密による土壤物理性の変化と作物の生育に関しては、

通気係数や酸素拡散速度が低下すると酸素不足により、根の伸長が阻害され、N や K などの養分吸収機能が低下し<sup>13,14,17)</sup>、生育が抑制されることが知られている。しかしながら、本実験では、比較的乾燥した条件下であり、黒ボク土の LC, HC 区を除くと酸素供給不足となるほど通気係数は低くなく (第 2 図)、圧密による N, K 含有率の低下もいずれの土壤とも小さかった (第 2 表)。一方、土壤硬度や密度が上昇すると、根の分化、伸長が阻害されること<sup>4,6,16)</sup>が知られており、本実験でも同様の傾向が認められた。いずれにせよ、根系発達不良が、とくに土壤中移動しにくい P の吸収など養水分吸収不足を通して直接生育量に反映したと考えられる。

土壤中での根の発達、低酸素濃度に対する耐性や孔隙を押し広げて侵入する能力など、植物根自体が有する能力もさることながら、土壤の物理的な摩擦抵抗、孔隙の大きさや量、さらに孔隙の分布や連続性などに影響されると考えられる。これらと測定した物理性とを対応させると、土壤硬度は根が伸長する際の物理的な摩擦抵抗を示し、気相率は孔隙量を示し、通気係数は孔隙の大きさや量、さらに分布や連続性を総合した状態を反映すると考えられる。このことが、ショクビエの根の発達と通気係数が高い相関を示した理由の一つと考えられる。ただ、通気係数と孔隙量との関係は土壤構造の発達程度で異なること<sup>15)</sup>が知られており、土壤構造の著しく発達した土壤への適用はさらに検討を要する。しかしながら、一般に単粒構造や弱団粒構造性を示す、中国地域の花崗岩由来の鉍質土壤に立地する草地では、通気係数は圧密下での根系発達のよい指標となりうると考えられた。さらに土壤通気性は現地では比較的簡易に測定でき、また測定値のばらつきも小さかったことから、今後の実験条件の設定や現地土壤調査で用いる指標として最適と考えられた。ただし、本研究は夏期乾燥時に実施したため、多水分とはならなかったが、通気係数は土壤水分状態によって大きく変動するため、圧密条件下の通気係数と土壤水分との関連は今後さらに検討を要する。

#### 4. 要 約

永年放牧草地では長期にわたる家畜の踏圧のため、圧密により土壤の物理性が劣悪化し、牧草の生育が不良となる。そこで①永年放牧草地の土壤物理・化学性の特徴の把握、②牧草の生育、とくに根系の発達と土壤物理性に及ぼす圧密の影響と土性との関連や③土壤物理性の変化を示す簡易な指標について検討した。その結果、

1) 放牧草地では採草地に比較して酸素拡散速度では一定した傾向が認められなかったが、とくに表層 10 cm

以内で土壌硬度や固相率が高く、気相率や通気係数が低いなどの特徴が認められた。

2) 土壌圧密によって、シコクビエの地上部と根部乾物重、根長および通気係数や気相率は著しく低下し、土壌硬度と固相率は上昇し、これらの低下あるいは上昇の程度は、粗砂、細砂含量の低い土壌ほど顕著であった。

3) 通気係数、硬度、気相率のうち、とくに通気係数と圧密条件下におけるシコクビエの生育、とくに根系の発達とは高い相関が認められた。また通気係数は現地でも簡易に測定でき、測定値のばらつきも小さかったことから、圧密条件下の根系発達の指標として最適と考えられた。

謝辞 この研究の現地調査実施にあたり、ご協力いただいた矢掛町育成牧場の皆様に深く感謝いたします。

#### 文 献

- 1) 高畑 滋：放牧草地の土壌の物理性について、土壌の物理性, 19, 8~12 (1971)
- 2) DAVIES, A., ADAMS, W. A. and WILMAN, D.: Soil compaction in permanent pasture and its amelioration by slitting. *J. Agric. Sci., Cambridge*, 113, 189~197 (1989)
- 3) 大崎玄佐雄・奥村純一：根圏土壌の理化学性が牧草生育に及ぼす影響 (第1報), 土壌ち密度と牧草生育との関連, 北海道農試集報, 27, 77~88 (1975)
- 4) 渡辺和之・児玉敏夫：土壌の物理性と作物の生育および収量との関係 (第1報), 作物の初期生育におよぼす土壌の粗密の影響, 日作紀, 33, 409~413 (1965)
- 5) PHILLIPS, R. E. and KIRKHAM, D.: Soil compaction in the field and corn growth. *Agron. J.*, 54, 29~34 (1962)
- 6) PHILLIPS, R. E. and KIRKHAM, D.: Mechanical impedance and corn seedling root growth. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 26, 319~322 (1962)
- 7) SHIERLAW, J. and ALSTON, A. M.: Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. *Plant Soil*, 77, 15~28 (1984)
- 8) FERNANDO, G., CRUSE, R. M. and BLACKMER, A. M.: Compaction and nitrogen placement effect on root growth, water depletion and nitrogen uptake. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 52, 792~798 (1988)
- 9) RAGHAVAN, G. S., MCKYES, E., GENDRON, G., BORGLUM, B. and LE, H. H.: Effects of soil compaction on development and yield of corn (maize). *Can. J. Plant Sci.*, 58, 435~443 (1978)
- 10) THOMPSON, P. J., JANSEN, I. J. and HOOKS, C. L.: Penetrometer resistance and bulk density as parameter for predicting root system performance in nine soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 51, 1288~1293 (1987)
- 11) AGNEW, M. L. and CARROW, R. N.: Soil compaction and moisture stress preconditioning in Kentucky bluegrass. 1. Soil aeration, water use, and root responses. *Agron. J.*, 77, 872~878 (1985)
- 12) SILLS, M. J. and CARROW, R. N.: Turfgrass growth, N use, and water use under soil compaction and N fertilization. *ibid.*, 75, 488~492 (1983)
- 13) ASADY, G. H. and SMUCKER, A. J. M.: Compaction and root modifications of soil aeration. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 53, 251~254 (1989)
- 14) 渡辺和之・児玉敏夫：土壌の物理性と作物の生育および収量との関係 (第V報), 各種作物の生育におよぼす土壌空気組成の変化の影響, 日作紀, 34, 413~418 (1966)
- 15) 安田 環：土壌の通気性測定の評価, 土壌の物理性, 33, 43~48 (1985)
- 16) RUSSEL, R. S. and GOSS, M. J.: Physical aspects of soil fertility—The response of roots to mechanical impedance. *Neth. J. Agric. Sci.*, 22, 305~318 (1974)
- 17) LAWTON, K.: The influence of soil aeration on the growth and absorption of nutrient by corn plants. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 10, 263 (1945)

### Soil Compaction Effects on Root Developments of Grasses and Some Soil Physical Properties

Kenji KOUNO, Shoitsu OGATA and Susumu TAKIYAMA  
(*Fac. Appl. Biol. Sci., Hiroshima Univ.*)

Soil physical properties of grazing land and meadow may vary due to differences in management and animal activity such as animal trampling. This may also affect the growth of the cultivated forage crops. To evaluate how soil physical properties and growth of African millet (*Eleusine coracana*, GAERTN) is affected by soil compaction, three levels of compaction and four different soil textural classes were used for a frame experiment. Soil physical properties such as air permeability, three phases and hardness of soils and oxygen diffusion rate were measured. Total root length, tops and root weight and their mineral contents were determined.

Similar parameters were also measured for grazing land and meadows.

In the frame experiment, soil compaction increased the solid phase and hardness of soils, while air phase and permeability of soils in the upper 10 cm were decreased. Similarly, tops and root weight and total root length of African millet were decreased by soil compaction. Effects of soil compaction on the soil physical properties measured varied depending on the sand content.

Regardless of level of compaction, the growth of African millet increased with increasing sand content.

Significant differences were observed in the air permeability, soil phase and hardness of the upper 10 cm of grazing land and meadow, while no significant differences in their soil chemical properties were observed.

Coefficient of air permeability of grazing land was observed to be lower than that of meadow. However, values for soil hardness and solid phase of grazing land were significantly lower than that of meadow. Forage fresh yields in grazing land were significantly lower than that of meadow.

Coefficient of air permeability used as a index of soil air permeability was highly correlated with growth and total root length. Among the several soil physical properties considered, coefficient of air permeability was the best index to measure soil physical properties in relation to growth of African millet under soil compaction.

*Key words* air permeability, root development, soil compaction, soil physical properties

(Jpn. J. Soil Sci. Plant Nutr., 63, 154-160, 1992)

## 書評

### 日本の耕地土壌の実態と対策 新訂版

農林水産省農産園芸局農産課・  
日本土壤肥科学会 監修  
土壤保全調査事業全国協議会 編

B5 判, 295 pp., 5,200 円  
博友社(東京), 1991 年

1979 年に発刊された本書の初版は、20 年にわたる地力保全基本調査の膨大な成果の要点をわかりやすく取りまとめた普及本として各方面に活用されてきた。しかし、絶版となったため早くから入手できない状態であったので、各界からの強い要望により、増補改訂、再出版されたのがこの新訂版である。

本書の構成は、2 編からなり、旧版とほぼ同じであるが、さまざまな改善、増補がなされている。ページをめくるとまず、土壌群を代表する 16 枚のカラー断面写真が現われる。全国の土壤保全調査職員から募集した写真のなかから選りすぐって一新されただけあって、いずれも秀作ぞろいである。第 1 編 日本の耕地土壌の実態では、耕地土壌の区分と特徴、土壌の生産力阻害要因、都道府県別耕地土壌の実態が述べられている。ここでは造

成土壌の区分法や沖縄県の耕地の実態が加えられ、名実ともに日本の農耕地土壌の実態が都道府県別、土壌群別、地目別、等級別、阻害要因別に浮き彫りにされている。第 2 編 土壌別の改良対策と肥培管理上の留意点では、土壌群ごとに土壌の性格、土地利用状況、作物別土壌改良対策が述べられている。作物別土壌改良対策は、作物の生育感応、土壌改良対策、圃場整備上の留意点、肥培管理上の留意点が具体的に書かれており、時代の要請に応じて、水田高度利用上の対策、留意点も加えられた。最後に、資料として各都道府県の地力保全基本調査の代表断面計 3343 のデータに基づいて、主要分析項目の中央値、最大値、最小値および上下ヒンジが、地目および土壌群別に示されている。

日本の農業は今、生産機能の面からも、環境保全機能の面からも見直しを迫られており、生物圏、大気圏、水圏、岩石圏の重なる要の位置にある土壌の基本的な性格と分布を知り、その機能を的確に評価し、適切な利用を図ることが求められている。本書はわが国の土壌資源の情報、統計ハンドブックとして、また、地力増進、肥培管理上の手引書として、このような要請にも応えうる必携の書であるといえる。

(農業環境技術研究所 浜崎忠雄)