

大型トラクターの踏圧が畑土壌の物理性 と作物の生育におよぼす影響

長崎 明・三熊政昭・高橋伸寿

(岩手大学農学部)

まえがき

畑地に大型トラクターを導入すれば、その踏圧によって硬盤を生成することはよく知られた現象である。しかし、それが作物の生育に対してどのような影響をもつかについては、涌井、中沢、芦川らの研究⁽¹⁾があるにすぎない。近時、畑地における大型トラクターの普及はめざましいものがあり、この種の研究はますます重要視される必要がある。

I 畑地における土壌硬度相の実態調査

水田における土壌硬度相の実態については、庄司、長崎、涌井、石川らの研究⁽²⁾があるが、畑地についてはほとんど研究されていない。筆者らは昭和36年8月15日に岩手大学経済農場から耕起方法の異なる圃場数種を選び、それらの土壌硬度相(深さ—土壌硬度曲線)の実態を調査した。土壌硬度は先端角度30°、断面積6.4cm²のコーン・ペネトロメーター(手動式)により、各圃場とも2回あて測定し第1～3図をえた。なお供試圃場の土壌条件(土性、含水比、仮比重)は第1表のとおりである。地下水位はいずれもかなり深く、数mをこす。

第1表 供試圃場の深さ別土壌条件

	圃場名	0～5cm	20～25cm	40～45cm	60～65cm
土 性	第1	壤土	壤土	埴壤土	埴壤土
	第2	砂壤土	砂壤土	壤土	埴壤土
	第3	壤土	壤土	埴土	埴壤土
含 水 比 (%)	第1	75.0	96.0	61.0	35.0
	第2	73.0	109.0	140.0	85.0
	第3	75.0	82.0	60.0	53.0
仮 比 重	第1	0.67	0.57	0.89	1.03
	第2	0.68	0.44	0.49	0.68
	第3	0.75	0.65	0.85	0.83

1. 第1圃場(人力耕起)

30年前からの鉄だけによって耕作し、現在うね立し、大根畑となっている。この圃場のうね間の土壌硬度相は第1図のとおりである。すなわち、深さ10cm前後で最大値6～7%、深さ30cm前後で最小値4～5%を示し、10～15cmの間にやや硬盤らしい箇所が認められるが極めて不明瞭である。

2. 第2圃場（深耕、碎土直後）

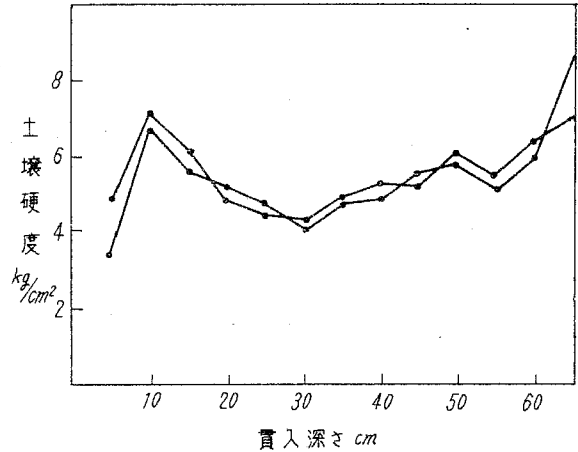
牧草（クローバ・オーチャード）を6～7年にわたって作付後、更新のため大型トラクター（フォードソン・メジャー型）により、深さ30cmにプラウイング、深さ10～15cmにハローイングしたばかりの圃場である。

この圃場の土壌硬度相は第2図のとおりで、深さ10cmで5～6%に達するが、それ以降は深さをまましても土壌硬度にほとんど増減がない。しいていえば30cm付近に6%前後を示す最大値があり、犁底鉞による踏圧の影響と思われるが、いわゆる硬盤は全く認められない。

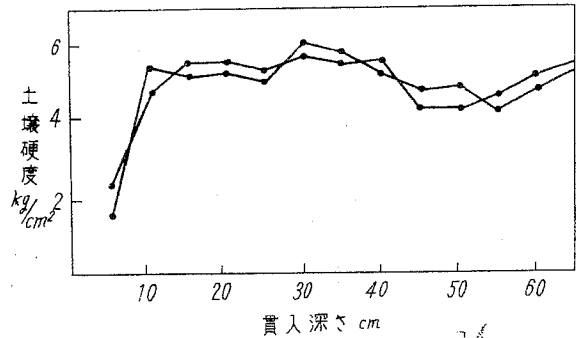
これは、6～7年にわたる牧草作と深耕とによって、硬盤がゆるめられたためと考えられ、その土壌硬度相は第1圃場（人力耕起区）と非常によく似ている。

3. 第3圃場（うね立、青刈大豆作）

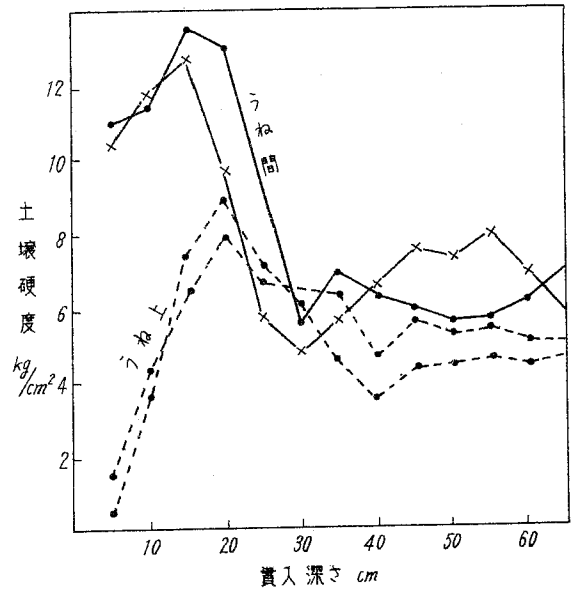
この圃場の前作はデントコーンで、調査年の春以来、大型トラクター作業により耕起、碎土、整地、青刈大豆播種、中耕2回、培土2回を行なっている。したがって大型トラクターの踏圧回数は、圃場全面にわたって3～4回、うね間で5～6回に達している。なお、うねの間隔は約85cm、うねの高さは約20cmである。この圃場のうね間の土壌硬度相は第3図のとおりで、深さ5cmで10～11%を示し、深さ15cmで最大値12～13%にも達するが、深さ30cm



第1図 第1圃場の土壌硬度相



第2図 第2圃場の土壌硬度相



第3図 第3圃場の土壌硬度相

で最小値 5~6 ㊦に低下し、それ以降はせいぜい 6 ㊦を前後するにすぎない。

うね直上、すなわち株間の土壤硬度相は同じく第 3 図に示すとおりで、深さ 20 cm で最大値 9 ㊦に達し、深さ 40 cm で最小値 3~4 ㊦に低下し、それ以降は 4~5 ㊦を示している。

すなわち、うね間、株間ともに極めて明瞭な硬盤の生成が認められ、特にうね間は硬盤が地表すれすれに生成しているが、深さ 30~40 cm 以降では、うね間の硬度がやや大きい程度で、ほとんど第 1、2 圃場と変わらない。したがって、大型トラクターによる踏圧の影響が顕著にあらわれるのは、深さ 40 cm くらいまでと思われる。これについては後に運転試験によって解析するものとする。

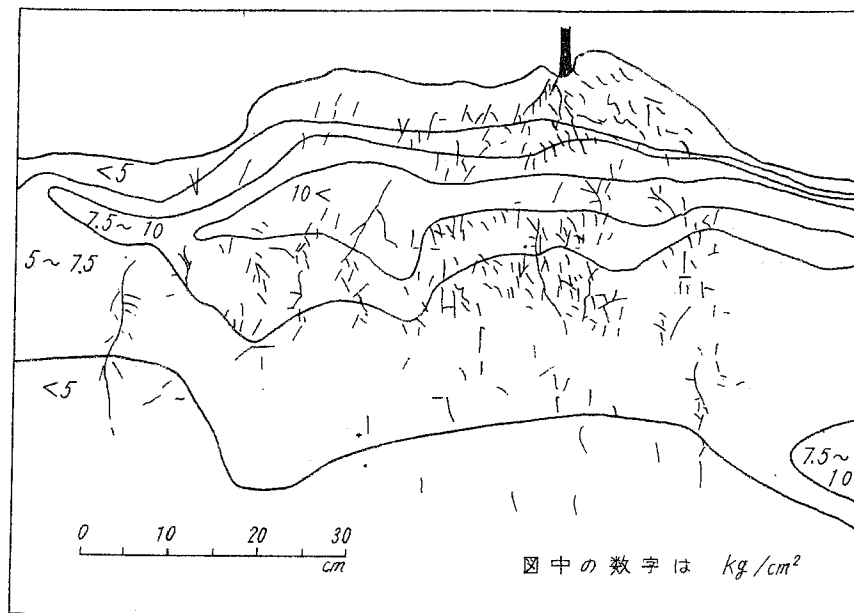
II 畑地における土壤硬度と根群分布の実態調査

以上の実態から、大型トラクターの踏圧前 5~6 ㊦の圃場においても、3~4 回の踏圧によって 9~10 ㊦、5~6 回の踏圧によって 12~13 ㊦の硬盤が生成されることが認められる。それでは、上記のような硬盤の存在は、作物の根群分布に対してどのような影響をもつであろうか。

1. 青刈大豆

昭和 36 年 8 月 15 日、青刈大豆作付圃場において、うねに横断方向に巾 110 cm、深さ 60 cm のザンゴウを掘り、その壁面の土（約 5 mm の厚さ）を噴霧機で洗い流して根群を露出し、それをガラス板に書きうつした（第 4 図）。

山中式土壤硬度計の読み (mm) を、スプリングの抵抗値 (kg) とコーン断面積 (cm²) とによって ㊦に換算し、横断面図にプロットした後、等高線を求める要領で等硬度曲線を求めた（第 4 図）。



第 4 図 等硬度曲線と大豆の根群分布

第4図のように、一見して土壤硬度と根群分布との関係が明瞭に察知できる。

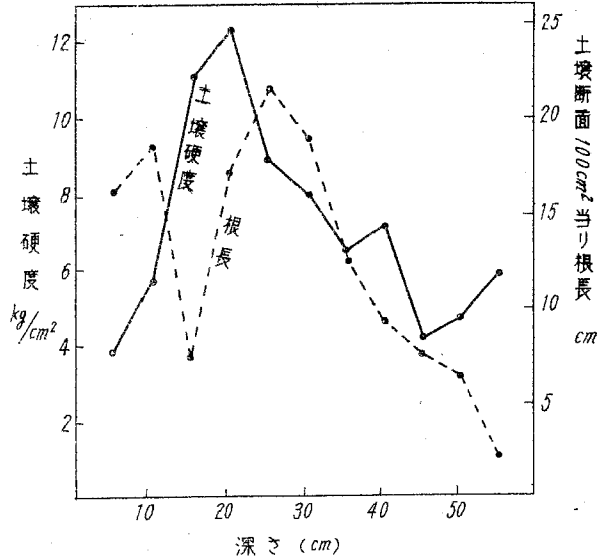
さらに深さ別に単位面積当り根長 ($cm/100cm^2$)、すなわち根群密度を求め、土壤硬度相との関係を図示すれば第5図のとおりである。ただし第5図の土壤硬度相は第4図の土壤硬度を深さ別に平均して求めた。

第4図および第5図によれば、青刈大豆の根群は深さ10cm前後および25cm前後の分布密度が大きい。すなわち地表から深さ10cm前後までの間は細根の密度が大きいが、硬盤の位置にさしかかる直前(深さ15cm)においては細根がほとんど影をひそめ、太い直根となって硬盤をつきぬけた後、再び細根を発生せしめている。

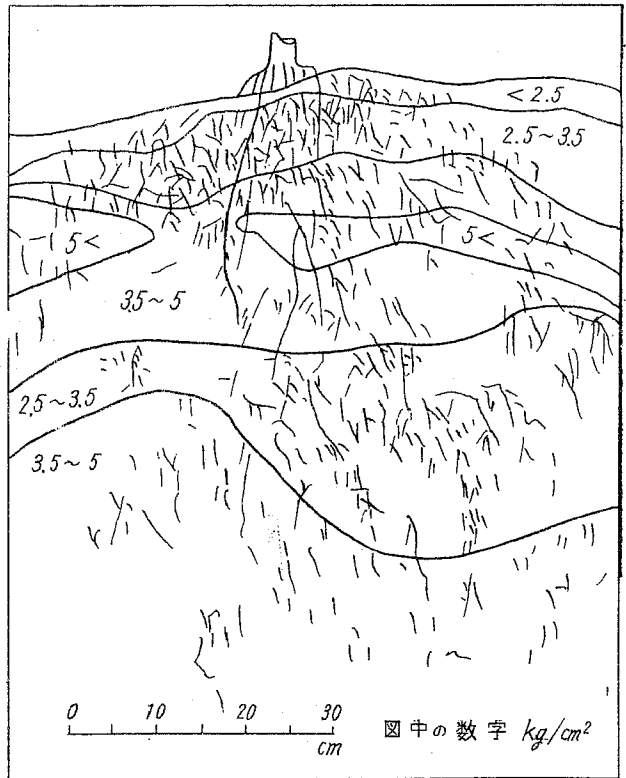
根群の横方向のひろがりについてもほぼ同様である。すなわち第5図についてみれば、硬盤が地表面すれすれに存在する右側のうね間には、ほとんど根群の伸長が認められないが、硬盤がやや深い位置に存在する左側のうね間では、硬盤の硬い箇所をすぎてから細根の分布がみられる。

2. デントコーン

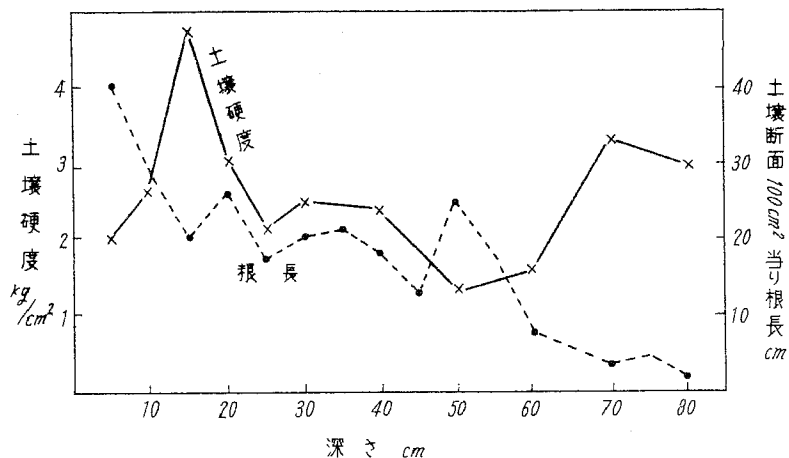
青刈大豆と同じ方法によって、デントコーン作付圃場についても第6図および第7図を得た。硬盤の硬さが青刈大豆圃場よりもやや軟らかく、最高6 kg/cm^2 にすぎなかったため、土壤硬度と根群分布との関係があまり明らかではないが、それでも硬盤の位置では根群密度がやや低下していることがわかる。



第5図 土壤硬度相と青刈大豆の根長との関係



第6図 等硬度曲線とデントコーンの根群分布



第7図 土壌硬度相とデントコーンの根長との関係

III ホイールの踏圧による土壌硬度相の変化

前記の第2圃場すなわち深耕、碎土直後の圃場において、フォードソン・メジャー型による踏圧試験を行ない、ホイールの踏圧が土壌の圧縮および硬度におよぼす影響を実験的に求め、実態調査の結果と比較検討した。踏圧回数は2回および10回とした。

1. 沈下量および圧縮量

自転車の車輪のスポークを長さ3cmに切り、白色塗装した釘を深さ5cmごとに予め埋設しておき、その上をトラクターに踏ませた後、掘り出して各点の沈下量および各点間の圧縮量を求めた結果は第2表のとおりである。

踏圧2回では地表面が7.0cm沈下し、踏圧による影響が40cm（踏圧前の深さ）までおよんでいるのに対し、踏圧10回では前者が9.5cm、後者が50cmとなっている。踏圧2回、10回ともに、最も圧縮量が多いのは深さ5cmまでの地表面で、以下しだいに圧縮量を減ずるが、踏圧2回では深さ35cm前後に、踏圧10回では深さ45cm前後にやや圧縮量の大きい箇所がみられる。

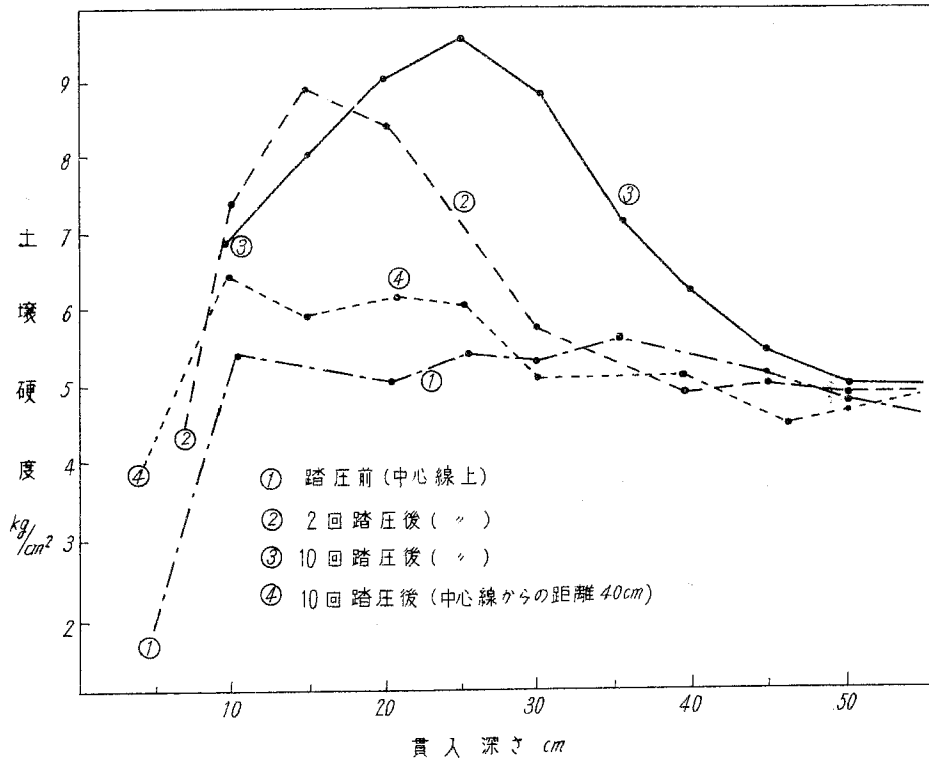
2. 土壌硬度相の変化

この圃場の踏圧前の土壌硬度相は第8図①のように、おおむね5~6輪で硬盤は全く認められない。

第2表 踏圧による沈下量と圧縮量

踏圧前の深さ cm	踏圧 2 回		踏圧 10 回	
	沈下量 cm	圧縮量 cm	沈下量 cm	圧縮量 cm
0	7.0		9.5	
5	4.5	2.5	6.8	2.7
10	3.2	1.3	5.3	1.5
15	2.3	0.9	4.4	0.9
20	1.4	0.9	3.6	0.8
25	1.1	0.3	3.1	0.5
30	0.8	0.3	2.5	0.6
35	0.4	0.4	2.0	0.5
40	0.0	0.4	1.5	0.5
45	0.0	0.0	0.5	1.0
50	0.0	0.0	0.0	0.5
55	0.0	0.0	0.0	0.0

踏圧2回後の土壤硬度相は②のように深さ15cm前後に明瞭な硬盤を生成し、その硬度は9 kg/cm^2 に達している。しかし、このような踏圧による変化は深さ約30cm以降ではほとんどあらわれていない。したがって前項の圧縮量測定結果とあわせて考察すれば、土壤硬度5~6 kg/cm^2 の畑地では、ホイールの踏圧2回は深さ30~40cmまで影響し、深さ15cm前後に硬度約9 kg/cm^2 の硬盤を生成する。同様に、踏圧10回の場合には、深さ40~50cmまで影響し、深さ25~30cmに硬度9~10 kg/cm^2 の硬盤が生成するといえる。また踏圧10回の中心線から40cm離れた箇所では深さ15~25cmに6~7 kg/cm^2 の硬盤の生成が見られる。以上のことはI~3の第3圃場(うね立、青刈大豆作)における実態調査の結果と非常によく類似している。



第8図 踏圧試験圃場の土壤硬度相

IV 人工硬盤による圃場実験

1. 実験方法

硬盤の土壤硬度と作物の生育との関係を更に明らかにするために、人工的にある硬さの硬盤を造成した圃場において、大根およびレーブを栽培した。岩手大学実験農場(洪積台地)の供試圃場を3区にわけ、各区とも深さ約20cmまで表土をはね、さらに約20cmを鋤で耕起した後、第1区は無テン庄のまま、第2区は3回、第3区は5回、タコヅキによってテン庄した上に表土をまきもどし、昭和37年8月16日に高倉大根を、9月16日にレーブを播種し、11月中旬まで観測した。圃場面積は1作物1区約10 m^2 で、個体数は約20本を目標とした。

8月29日に測定した土壌硬度相と含水比は第3表のとおりで、無テン区庄は地表から深さ25cmまで徐々に硬度をまし、3.5%に達し、それ以降はほぼ3~3.5%を前後し、全く硬盤をもたないが、3回テン庄区は深さ25~30cmに約4%の硬盤があり、5回テン庄区は深さ30~35cmに約7%の硬盤がある。この硬さは、前記踏圧試験のとおり、ちょうど大型トラクター10回踏圧の中心線から40cm離れた箇所の硬盤に相当し、うね間80cmの場合の作物の生育環境として想定することができる。

第3表 人工硬盤圃場の深さ別土壌条件

測定深さ cm	第1圃場 (無テン庄)		第2圃場 (3回テン庄)		第3圃場 (5回テン庄)	
	硬度	含水比	硬度	含水比	硬度	含水比
	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%	kg/cm ²	%
0	0.3	30.2	0.2	30.9	0.2	37.1
5	0.4	31.1	0.4	29.3	0.7	34.8
10	0.5	35.7	0.5	32.0	0.7	38.9
15	1.6	35.9	2.6	40.7	4.7	34.2
20	3.0	36.5	2.8	47.3	3.5	42.6
25	3.8	42.2	3.5	50.0	5.5	49.4
30	4.0	46.8	2.2	47.6	6.5	48.9
35	2.8	50.1	3.0	48.1	5.5	44.5
40	3.8	49.7	3.5	42.4	4.0	43.1
45	3.0	47.5	3.0	—	3.5	—

2. 大根の場合

第4~5表に示すとおり、葉重、根重ともに、生育初期においては無テン庄区よりもテン庄区の方が大きい、生育が進むにしたがい、この傾向は逆になり、収穫時(11月4日、発芽後78日目)においては、ほとんど全ての諸元が無テン庄区、2回テン庄区、5回テン庄区の順に劣悪化し、特に5回テン庄は著しく劣り、根菜類の生育におよぼす土壌硬度の影響がはなはだしく敏感なことを示している。

第4表 大根の生体重(g)

	発芽後日数	30日目	40日目	57日目	78日目
葉重	第1圃場	196.8	435.2	685.0	842.5
	第2	260.9	314.9	612.5	870.0
	第3	255.9	350.3	695.0	730.0
根重	第1	211.5	478.9	1,045.0	3,137.5
	第2	280.5	351.2	1,005.0	2,915.0
	第3	277.8	399.4	1,152.5	2,190.0

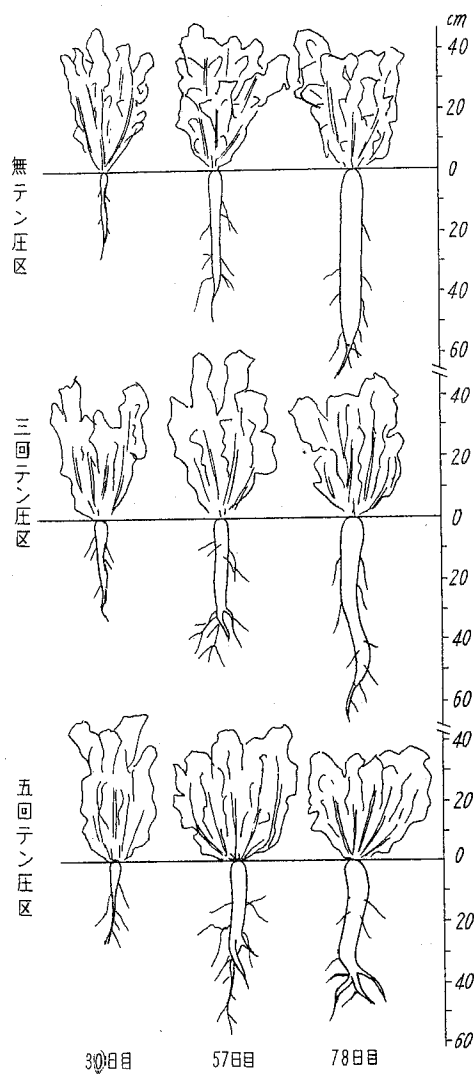
第5表 大根収穫時(78日目)の諸元

	葉 数	葉 長	根 長	全 量	葉量/根量	含水率
第1圃場	30.0	47.0	78.0	3,980.0	0.27	91.5
第2	27.0	48.5	72.0	3,785.0	0.30	91.4
第3	27.0	43.5	62.5	2,920.0	0.33	91.9

また各区の根形は第9図のとおりで、無テン区は全く異形が認められないが、2回テン区はやや先端の曲りが目立ち、5回テン区は地下25~30cmで股状の岐根を発生し、いちじるしい異形を生じている。以上の結果からみて、うね間80cm程度で根菜作を行なうに際しては、大型トラクターが同じうね間を2~3回以上走行しないよう留意を要し、栽培管理上どうしてもそれ以上の走行回数が必要される場合には、うね間を、80cm以上とする必要がある。

3. レープの場合

発芽後58日目(11月13日)における諸元は第6表のとおりで、大根とは逆にテン区の方がやや生育良好の傾向がみられる。特に5回テン区は葉部にくらべ根部の重量が著しく大きい。このことから、レープの場合には根菜類と異り、硬盤の硬さによる影響をほとんど受けていないといえる。したがって、レープ作に大型トラクターを導入するに際し、うね間を80cm前後にすれば5~6回程度の走行はあまり問題にならないと考えられる。



第9図 テン区回数と根形

第6表 発芽後58日目におけるレーブ

圃場	葉数枚	葉長 cm	根長 cm	生体重 (g)			
				全体	葉部	根部	葉/根
第1	6.8	24.0	20.9	29.8	27.4	2.4	11.6
第2	7.6	23.3	22.6	28.2	25.7	2.5	10.2
第3	8.7	24.8	19.2	37.7	34.6	3.1	11.3

圃場	絶乾重 (g)				含水率 (%)		
	全体	葉部	根部	葉/根	全体	葉部	根部
第1	4.0	3.4	0.6	6.0	86.5	87.5	75.8
第2	3.8	3.2	0.6	5.6	86.4	87.4	77.0
第3	4.6	4.0	0.6	6.4	87.8	88.4	79.4

摘 要

1. 数10年来人力耕作を続けた圃場や、大型トラクターで深耕、碎土したばかりの圃場では硬盤の生成が認められないが、管理作業のため大型トラクターが数回うね間を走行した圃場では、うね間で12~13%、うね部で9%前後の硬盤が生成し、青刈大豆、デントコーンの根群分布に影響をおよぼしていることが、実態調査によって明らかにされた。
2. 大型トラクターのホイールによって2回踏圧すると深さ15cm前後に約9%の硬盤ができる。10回踏圧では深さ25~30cmに9~10%の硬盤ができ、40cm離れた箇所でも深さ15~25cmに6~7%の硬盤の生成がみられる。
3. 硬度4および7%の人工硬盤を造成した圃場で、大根およびレーブを栽培した結果、大根では硬盤の影響がいちじるしく認められた。根菜作を大型トラクター作業による場合は、うね間を5~6回以上走行しないこと、うね間を80cm以上とすることが必要である。レーブ作は7%程度の硬盤では逆に生育良好の場合があり、土壌硬度による影響が認められにくい。

参 考 文 献

- 1) 涌井学・中沢宗一・芦川考三郎： 軽鬆土の耕耘に関する研究(第4報)、耕耘方法による土壌硬度の差異が根菜類の生育に及ぼす影響について、農業機械学会誌第12巻第1、2号、27~31頁(1951)。
- 2) 庄司英信・長崎明・涌井学・石川武男： もぐら暗キヨに関する研究(第2報)、水田土壌条件と穿孔機の牽引抵抗について、農業土木研究第26巻第4号、181~186頁(1958)