

筑波実験植物園の土壤水分環境

—植栽基盤の水分環境とその改良法に関する研究 (その2)—

遠藤良太*・平山良治**・多田 敦***

ENDO, Ryota*, Ryoji HIRAYAMA** & Atsushi TADA***: Properties of Soil
Moisture Fluctuation in Tsukuba Botanical Garden

本報告は、前回の報告(遠藤ら1983)に引続くもので、関東ロームで、淡色黒ボク土上に位置する国立科学博物館筑波実験植物園の北東斜面において、1982, 1983年の夏から秋にかけて、植栽基盤の水分環境を土壤水分張力および地下水位を中心に調査した結果に基づくものである。

植栽の設計・管理に、従来は地表面上の環境条件を参考資料としてきたが、最近では、病害虫、根腐れなどの問題と関連して、地表面下、つまり土壤中の諸問題が問題点としてあげられるようになった。本研究は、土壤中の諸環境のうち、水分環境を明らかにすることを目的とする。

測点の概要と調査方法

調査地点の概要: 調査地点は、Fig. 1に示すように、前回の報告で調査した植物園内のA, B, Cの3点および、地下水の移動の調査のために補足的に設定したD点(A点とB点の間でA点から水平距離で15m, 標高差53.5cm下位の地点)とE点(B点とC点の間すなわち園路のB点寄り)でB点より水平距離22m, 標高差118cm下位)とした。

調査方法: 調査地点A, B, Cの3点には、テンシオメータと測水管を、D, E点には、測水管のみを設置した。テンシオメータによって、10, 20, 35, 50, 100cmの深さの土壤水分張力(以下水分張力と略す)を測定した。水分張力はpF値を用いた。測水管は、内径5.0cm又は7.5cmで長さ200cmの塩ビ管の管壁に小孔をあげ地下水位の測定を可能にしたものである。地下水位は、地表面からの深さ(cm)であらわした。

測定期間: 土壤水分張力の測定を、1982年7月8日から11月3日までと1983年7月29日から10月27日までの夏から秋まで行なった。地下水位測定は、水分張力と同時に測定した。

結 果

1. 土壤水分張力

本研究では全測定期間のうち、水分張力の測定を連日行ったのは50%、1日間隔で測定したのは30%、2~6日間隔で測定したのは10%であった。測定しなかった日の水分張力は、降雨などの変化がなかったため、その前後に実測した水分張力と大きな変動はなかったものとみなされる。

* 千葉県南部林業事務所 Nanbu Forestry Office, Chiba Prefectural Government.

** 国立科学博物館 筑波実験植物園 Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum, Ibaraki Prefecture 305.

*** 筑波大学農林工学系, 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 Institute of Agricultural and Forestry Engineering, University of Tsukuba, 1-1-1. Tennodai, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki Prefecture 305.

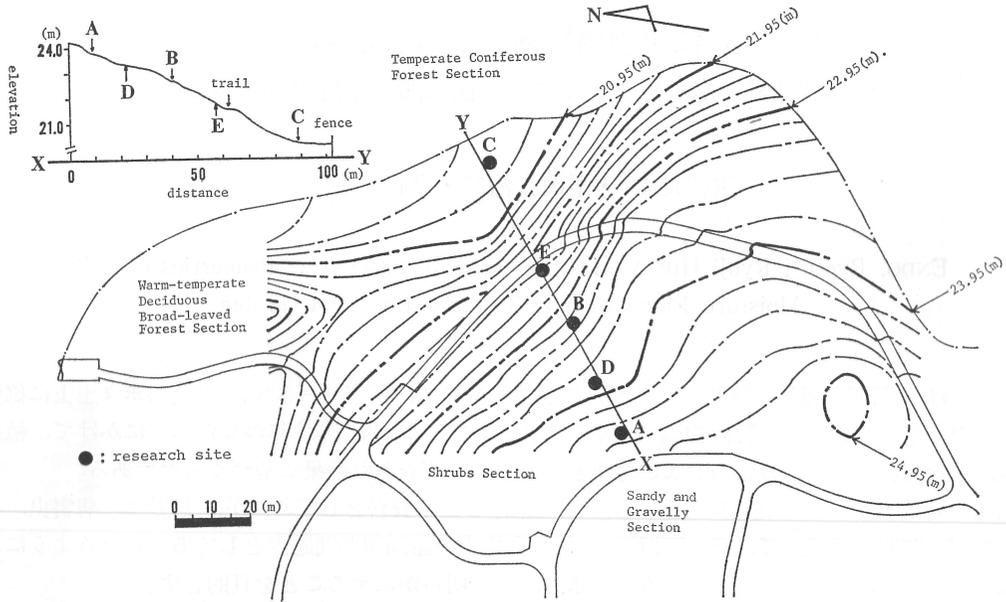


Fig. 1. The topographical map showing the five of research sites (1982, Jul.).

1982年、1983年の両年の測定結果に大きな差がなかったので、2年間を通しての水分張力の出現度数と加積百分率および各地点の各層位における平均値と範囲を Table 1 に示した。

圃場の土が水を保持できる最大値を pF 2.0 とすれば、Table 1 に示した各地点の各層位における pF の平均値はこれを下まわるかほぼ近い値である。このことは、各調査地点の土壌はかなり湿った状態におかれているといえる。すなわち、加積率で見ると pF 2.0 より小さい値は、35 cm 以深で70%をこえ、10 cm, 20 cm の表層でも60%以上を占めている。また、pF 2.3 をこえる乾燥状態は、C点 10 cm の17.7%以外は10%以下で、最も高い値は、同じC点で pF 2.69 であった。測定期間に限れば湿害はあっても干ばつの心配はないといえよう。

湿害が心配される pF 1.5 以下 (非毛管孔隙にも水があり、湿潤に過ぎる範囲) の加積百分率は、10 cm, 20 cm で1.9~8.1%, 50 cm ではA点17.7%, B点30.7%, C点35.4%と多い。深さ方向の平均値で比べると、20 cm~35 cm 以浅では、pF 値は pF 1.8 より大きく、それ以深では pF 1.8 以下の値を示すことが多い。これらの関係を1983年度測定の結果の度数分布で示すと Figs. 2, 3, 4 のとおりである。このように高水分の土壌であるので植物の生長量や活性などとの関連調査が望まれる。特に 50 cm 以深では pF 1.5 以下の状態がやや高い頻度で出現するのでこの部分に根が伸長する場合には注意する必要がある。

2. 地下水位の状態

各調査地点における地下水位の年平均値と範囲及び最深測定位置とした 200 cm より深くまで水位が下がった日数、およびその割合を Table 2 に示す。また、地下水位の各階層の出現割合を Table 3 に示す。

Table 2 によれば、A, B, C, D, E点とも地下水位の平均値は、100 cm 以深であり、Table 3 によれば、50 cm 以浅となる頻度は6%以下である。永年作物では常時地下水位が 60~100 cm 以浅のときには排水が必要とされている (農林水産省, 1978) 点から考えれば、調査地点における水分環境は、植物生育にとって不適なものではないと判断される。一方、地形上からは、A, B, C

Table 1. Frequency distribution of soil moisture tension at each research site. Accumulated value of frequency is shown in ().

Pressure	Depth														
	10 cm			20 cm			35 cm			50 cm			100 cm		
Sites	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Positive hydraulic pressure	% (0)	% (0)	% (0)	% (0)	% (1.0)	% (1.0)	% (0)	% (0)	% (0)	% (0)	% (0)	% (0)	% (2.4)	% (2.4)	% (2.4)
≤1.0	0 (0)	1.0 (1.0)	0 (0)	0 (0)	0.5 (1.5)	0.5 (0.5)	0.5 (0.5)	1.4 (1.4)	1.4 (1.4)	3.8 (6.2)	3.8 (6.2)	3.8 (6.2)	4.8 (7.2)	4.8 (7.2)	4.8 (7.2)
≤1.5	8.1 (8.1)	3.3 (4.3)	2.4 (2.4)	1.9 (1.9)	5.7 (7.2)	3.8 (4.3)	4.8 (5.3)	9.2 (10.6)	9.2 (10.6)	11.5 (17.7)	11.5 (17.7)	22.1 (30.7)	22.1 (30.7)	28.2 (35.4)	28.2 (35.4)
≤1.8	24.7 (32.8)	29.7 (34.0)	20.6 (23.0)	23.9 (25.8)	38.3 (45.5)	32.3 (36.6)	33.0 (38.3)	47.9 (58.5)	47.9 (58.5)	30.0 (56.7)	30.0 (56.7)	46.7 (77.4)	46.7 (77.4)	42.6 (78.0)	42.6 (78.0)
≤2.0	36.9 (69.7)	40.7 (74.7)	30.1 (53.1)	44.0 (69.8)	30.6 (76.1)	31.9 (68.5)	33.9 (72.2)	22.2 (80.7)	22.2 (80.7)	39.0 (95.7)	39.0 (95.7)	19.7 (97.1)	19.7 (97.1)	15.3 (93.3)	15.3 (93.3)
≤2.3	26.3 (96.0)	19.1 (93.8)	29.2 (82.3)	29.7 (99.5)	22.0 (98.1)	22.9 (91.4)	27.8 (100)	19.3 (100)	19.3 (100)	4.3 (100)	4.3 (100)	2.9 (100)	2.9 (100)	6.7 (100)	6.7 (100)
2.3≥	4.0 (100)	6.2 (100)	17.7 (100)	0.5 (100)	1.9 (100)	8.6 (100)	0 (100)								
Range	1.05 2.46	0.73 2.42	1.31 2.69	1.39 2.33	posi. 2.34	0.91 2.61	0.34 2.18	0.40 2.22	0.40 2.22	posi. 2.09	posi. 2.36	posi. 2.10	posi. 2.16	posi. 1.82	posi. 1.94
mean	1.88	1.87	2.02	1.92	1.82	1.90	1.84	1.77	1.77	1.63	1.65	1.47	1.51	1.18	0.83

Negative hydraulic pressure, pF-value

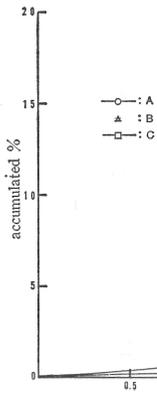


Fig. 2.

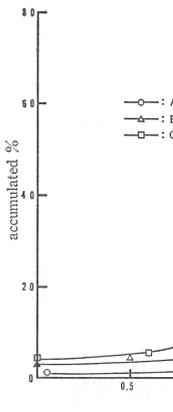


Fig. 3.

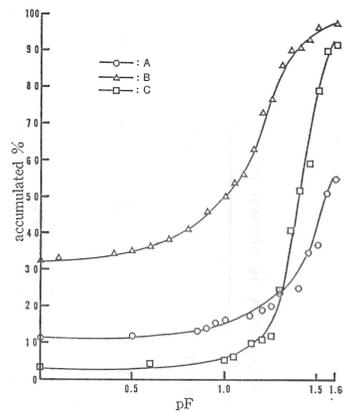


Fig. 4.

Fig. 2. The accumulated rates of appeared wet condition at each research site (10 cm in depth, 1983). Fig. 3. The accumulated rates of appeared wet condition at each research site (50 cm in depth, 1983). Fig. 4. The accumulated rates of appeared wet condition at each research sites (100 cm in depth, 1983).

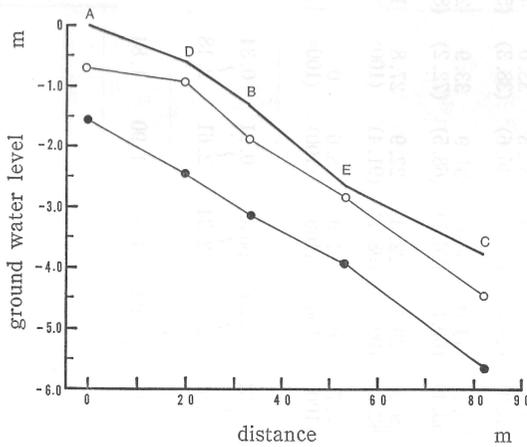


Fig. 5. Highest and lowest ground water levels at each site. —○—: Highest ground water level. —●—: lowest ground water level.

3点のうちC点が法尻にあたり、その地下水位は最も浅いことが予測されたが、A、B点のそれと比べ浅くはなく、傾斜地の一般的な傾向とは異なっている。また、A、D、B、E、Cの各地点とそれぞれの地点における地下水位を、A点を基点(0)とする標高差および距離の関係で Fig. 5 に示す。これによれば、地下水位は、ほぼ地形に沿った形を示していて、水は、傾斜方向に移動しているものと推定される。

3. 降雨量と土壤水分張力の低下状況

一般に水分供給が行われると土壤水分張力は低下するが、降雨量、灌漑水量あるいは降雨前の水分状況によっては、水分張力が低下しない場合もある。そこで降雨量と各層の水分張力の低下の有無(降雨前と降雨翌日の水分張力の差の有無)の関係を調査した。

Table 4 に、各測点、深さ別に水分張力が減少した回数を降雨量の分級に応じて示す。また、Fig. 6 に降雨にともなう土壤中の地下水位の変動を示す。

Table 4 によれば、35 mm 以上の降雨ではほぼ全ての層の水分張力は低下するが、3~10 mm 程度の雨では降雨翌日に 20 cm までは、水分張力の低下をみるが、それ以深には及ばないことを示している。この範囲の降雨量で 35 cm 以深の水分張力の低下がでている例もあるが、これらはいずれもその前かなりの降雨量があったり、または逆にかなり乾燥している時期に降雨のあった場合である。

Fig. 6 によれば、1回の降雨量あるいは数日連続しての降雨総量が 60 mm 以上に達すると、土壤中の地下水位の顕著な上昇が見られるが、とくに土壤中の水分張力が低下していない限り 40 mm

Table 2. The ground water levels at each research site.

Research site	Year	Mean (cm)	Range (cm)	Number of days recording more than 200 cm in depth (%)
A	1982	131.4	56.0~172.5	0(0)
	1983	134.7	66.0~166.0	0(0)
D	1982	133.6	17.5~200<	15(25)
	1983	152.6	31.5~200<	2(4)
B	1982	149.2	41.5~200<	18(31)
	1983	163.0	57.5~200<	18(36)
E	1982	131.2	20.0~117.4	0(0)
	1983	127.7	23.0~157.0	0(0)
C	1982	171.9	63.0~200<	6(7)
	1983	183.1	73.5~200<	19(38)

Table 3. Frequency of classes of ground water level. Accumulated value of frequency is shown in ().

Ground water level	Research site				
	A	D	B	E	C
0~50 cm	0.9 (0.9)	5.5 (5.5)	0.9 (1.8)	1.8 (2.8)	0.0 (0.0)
50~80	2.8 (3.7)	11.9 (17.4)	3.7 (5.5)	3.7 (6.5)	1.8 (1.8)
80~100	11.9 (15.6)	11.9 (29.3)	8.3 (13.8)	8.3 (14.8)	0.0 (1.8)
100~120	16.5 (32.1)	1.8 (31.1)	9.2 (23.0)	15.6 (30.4)	2.8 (4.6)
120~140	23.9 (56.0)	10.1 (41.2)	11.0 (34.0)	31.1 (61.5)	1.8 (6.4)
140~160	22.9 (78.9)	10.1 (51.3)	14.7 (48.7)	29.3 (90.8)	2.8 (9.2)
160~180	21.1 (100.0)	13.8 (65.1)	15.6 (64.3)	9.2 (100.0)	36.7 (45.9)
180~200	0.0 (100.0)	19.3 (67.1)	2.8 (67.1)	0.0 (100.0)	31.2 (77.1)
200~	0.0 (100.0)	15.6 (100.0)	33.0 (100.0)	0.0 (100.0)	22.9 (100.0)

ームより若干低めである。つまり一年を通して一番湿った梅雨期における北関東ロームよりも、筑波地区の7月~8月の表層土壌はより湿っていることを示している。一方、乾燥期と比較してみると、北関東ローム畑地土壌の、8月下旬~10月上旬の最も乾いた値は、表層9~40 cmで、pF 2.9以上となり、9月中旬~下旬になっても深さ90 cmで、pF 2.7であるが、本調査地区では、前述したとおりpF 2.3以上の値を示すことはほとんどなく、本試験地は乾燥しにくい環境にあることが判明した。

本調査地区は、植栽後2~3年を経過したのみで根の分布が浅いためか、湿害があらわれているよう

Table 4. Frequency of decrease of soil moisture tension on one day after each precipitation.

Site & depth (cm)	Precipitation				
	0~3 mm	3~10 mm	10~35 mm	35~ mm	
A	10	4	7	11	4
	20	8	3	9	4
	35	4	2	10	4
	50	2	0	9	4
	100	7	1	5	3
B	10	4	6	10	4
	20	5	4	8	4
	35	2	3	9	4
	50	3	1	10	4
	100	3	4	7	3
C	10	4	6	11	4
	20	3	4	9	3
	35	6	6	8	3
	50	7	4	10	4
	100	3	1	6	3
Number of times of precipitation	23	7	11	4	

程度の降雨量では地下水位はほとんど変化しないように見受けられる。

考 察

本調査地区の水分環境は、調査結果に示したように、予想よりかなり湿潤である。そこで、他の関東地方の火山灰土である宇都宮における北関東ローム畑地の水分張力の例(吉良ら1963)と比較してみる。

北関東ロームでは6月下旬から7月中旬までの梅雨期に表層9~40 cmでpF 1.8~2.1に対して、筑波地区では1983年7月8日~8月4日の水分張力の平均値は、表層10 cmでpF 1.89, 20 cmでpF 1.80, 35 cmでpF 1.57で、北関東ローム

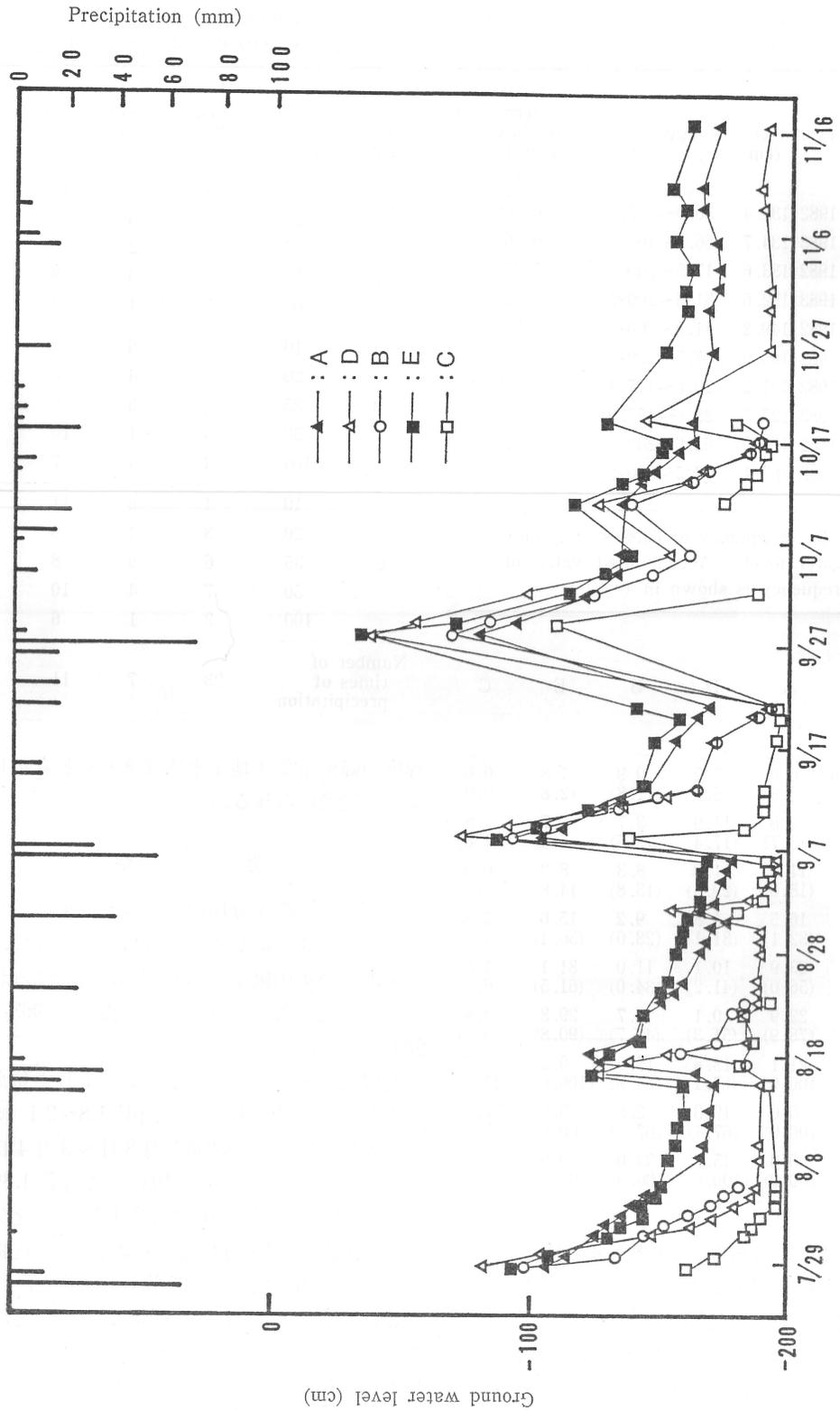


Fig. 6. The movement of ground water level at each research site (1983).

にはみえないが、今後根群の下方への発達が抑制されたり、湿害をひき起こす可能性がある。そこで 50~100 cm の下層での植物の水分応答の実態と水分制御方法の検討が早急に求められる。

B点での測水管で測った地下水位が 100 cm 以深の場合でも、深さ 100 cm においてテンシオメータでの水分張力が、正圧を示していることが多かった。このことは、B点では高低2段の地下水面がある可能性を示唆している。B点におけるさらに精密な測定が必要である。

ま と め

筑波実験植物園の東北斜面において1982年、1983年、7月~10月末までの土壌水分張力、地下水位を測定した結果は次の通りである。

1) A, B, Cの3調査地点の深さ 10 cm, 20 cm, 35 cm, 50 cm, 100 cm において測定したpF値の約70%は、2.0以下であり、北関東におけるローム畑地に比べてもかなり湿潤である。

2) 地下水位は、平均 100 cm 以深であり、100 cm 以浅の日数はD点 29%、C点 2%その他は15%前後であった。土壌水分張力の平均値は、各地点の各層とも pF 2.0 を下まわるか、ほぼ近い値を示し湿潤であった。非毛管間隙にも水のある pF 1.5 以下の日の加積率は、深さ 10 cm, 20 cm で 2~8%、下層の 50 cm でA点 18%、B点 31%、C点 35%と多い。一方、pF 2.7 をこえる過乾の日は少ない。

3) 35 mm 以上の降雨では、全層とも水分張力の低下をみるが、3~10 mm までの降雨では10~20 cm の層までしか影響せず。35 cm 以深に影響するのは、ほぼ1週間以内の雨の影響による。降雨量が 10~30 mm に及ぶと 35, 50 cm の層まで水分張力の低下がみられる。

謝 辞

当調査に当っては、国立科学博物館筑波実験植物園黒川 道園長は同園内での共同研究の場を快よく認めて下さった。本研究遂行にあたり、筑波大岸上定男教授、植物園矢野義治主幹に種々の御意見をたまわった。また、筑波大学学生久保田和浩氏の測定データも利用させていただいた。室内試験では安部征雄講師、豊満幸雄技官はじめ農地工学研究室の方々の協力もいただいた。記して感謝する次第である。

Summary

The authors investigated the soil moisture and ground water level at the north-east slope of the Tsukuba Botanical Garden (from 1982 to 1983). The slope is covered with the Kanto loam, a volcanic ash soil distributed in the Kanto District, Japan.

The results of the present investigation are summarized as follows:

1) The soil was usually quite humid, that is, pF-values measured at three sites in the Garden were mostly less than 2.0 (about 70%).

2) Ground water levels were almost always deeper than 100 cm, excepting for a few days after heavy rain fall.

3) In all horizons, soil moisture tension decreased after heavy rain (more than 35 mm of rain). In contrast, 3-5 mm of rain affects only the soil shallower than 20 cm.

引用文献

遠藤良太・平山良治・多田 敦, 1983. 筑波実験植物園の土壤の物理的性質—植栽基盤の水分環境とその改良法に関する研究 (その1)—. 筑波実験植物園研究報告 2: 55-62.

吉良芳夫・安部文夫・相馬恒一, 伊藤清延, 1963. 関東ロームの畑地水分の年間変化 —関東ロームの畑地水分 (1)—. 農業土木研究, 別冊 7: 76-80.

農林水産省構造改善局, 1979. 土地改良事業計画設計基準 —計画・暗渠排水—. 13.

筑波実験植物園の土壤の物理的性質—植栽基盤の水分環境とその改良法に関する研究 (その1)—. 筑波実験植物園研究報告 2: 55-62.

関東ロームの畑地水分の年間変化 —関東ロームの畑地水分 (1)—. 農業土木研究, 別冊 7: 76-80.

土地改良事業計画設計基準 —計画・暗渠排水—. 13.

35 mm 以上の降雨は、この調査期間中に 10 回以上あり、その総量は 100 mm を超える。これは、この調査期間中の平均降雨量 (100 mm) とほぼ等しい。

35 mm 以上の降雨は、この調査期間中に 10 回以上あり、その総量は 100 mm を超える。これは、この調査期間中の平均降雨量 (100 mm) とほぼ等しい。

この調査期間中の降雨量は、関東ロームの畑地水分の年間変化とほぼ等しい。これは、この調査期間中の平均降雨量 (100 mm) とほぼ等しい。

この調査期間中の降雨量は、関東ロームの畑地水分の年間変化とほぼ等しい。これは、この調査期間中の平均降雨量 (100 mm) とほぼ等しい。

The authors investigated the soil moisture and ground water level in the north-east slope of the Tsukuba Botanical Garden from 1982 to 1983. The slope is covered with the Kanto loam, a volcanic soil, deposited in the Kanto Tertiary basin.

The results of the present investigation are summarized as follows:

(1) The soil was mainly a fine loam, and the pH-value ranged from 5.5 to 6.5. The soil was mainly a fine loam, and the pH-value ranged from 5.5 to 6.5.

(2) The soil moisture content was generally less than 20% during the investigation period. The soil moisture content was generally less than 20% during the investigation period.

(3) The ground water level was generally higher than 100 cm during the investigation period. The ground water level was generally higher than 100 cm during the investigation period.

(4) The soil moisture content and ground water level were generally higher during the rainy season than during the dry season. The soil moisture content and ground water level were generally higher during the rainy season than during the dry season.