

野辺山における土壌処理法と地温について

有馬 博・中嶋猛親

信州大学農学部附属農場

Effect of Mulching on Soil Temperature in Nobeyama Highland

Hiroshi ARIMA・Takechika NAKAJIMA

野辺山は八ヶ岳の東南に位置する広大な高原で、標高は約1350mである。ここでは冷涼な気象条件を利用して、夏から初秋に出荷するレタスやハクサイなどの葉菜類を大規模に生産していて、ポリエチレンフィルムマルチは栽培上、不可欠の手段となっている。

しかし、この地域において、マルチ下の地温を長期間にわたって詳細に調べた資料はない。そこで、著者らは昭和56年から58年まで3か年にわたって黒色ポリエチレンフィルムマルチ（以下、黒ポリマルチという）区と清耕区の地温を深さ別に通年測定したので報告する。

また、このマルチ法は種々の利点をもつ反面、夏期には地温が上昇しすぎること、キャベツ栽培には適用しにくいこと、及び、雨水が急速には場外へ流出すること、追肥が行いにくいことなどの欠点をもっている。そこで、昭和57年にはパークたい肥とノコクズを使用し、これらによるマルチ処理が地温に及ぼす影響についても実験したので、併せて記載する。

〔I〕 黒ポリマルチ区と清耕区の地温の深さ別通年測定

I 実験材料及び方法

本実験は信州大学農学部附属野辺山農場の腐植に富むシルト壤土の畑地において、昭和56年1月から58年12月まで3か年間継続した。実験には黒ポリマルチ区と清耕区をおき、それぞれに長さ6m、幅100cm、高さ10cmの平畦を5本ずつ、いずれも中心線を正確に南北に向けて並行に設けた。黒ポリマルチ区に使用したフィルムは厚さ0.05mmのもので、実験期間中、2ないし3か月ごとに張り替えた。なお、この区のマルチ被覆面積率は62%であった。

地温測定には、Chino EH200—12型12打点記録計を使用し、これの棒状温度センサを各区の中央部の地表下1、5、10、20及び40cmへ水平に挿入した。このさい、土層を攪乱しないよう留意した。

II 実験結果及び考察

表—1は黒ポリマルチ区と清耕区の深さ別地温の旬及び月平均値である。いずれも、(日最高地温+日最低地温)÷2として求めた日平均地温の相加平均値である。

黒ポリマルチ区の地温は清耕区の地温より概ね高く経過した。これを深さ別にみれば浅いほど区間差が大きく、また時期別にみれば夏期、ことに8月の区間差が大きかった。ただし、11月から3月の間にはしばしば黒ポリマルチ区の地温が清耕区のそれより低下した。この原因は明らかにできなかったが、マルチフィルムの有無によって、雨水や雪解け水の流下あるいは地表面からの蒸散による毛管水の上昇などに差を生じたためであろう。

表一 黒ポリマルチ区と清耕区の深さ別平均地温 (単位 °C)

(昭和56~58年, 野辺山農場, 標高1351m)

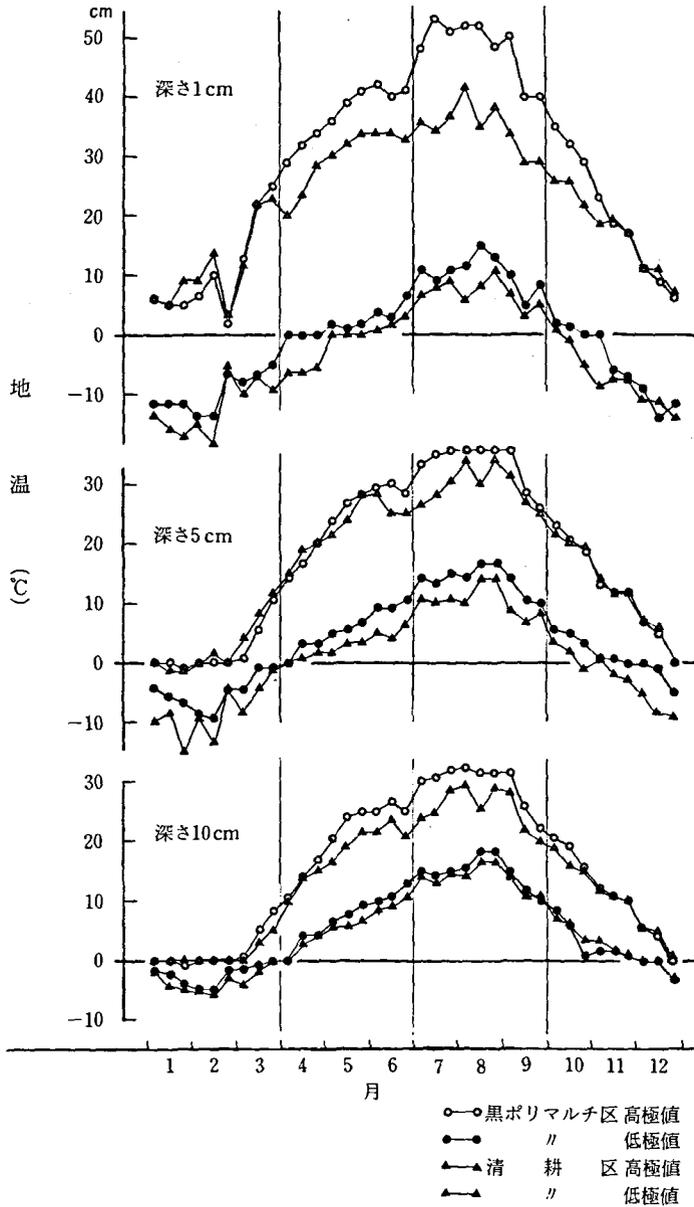
月 旬	深 さ 1cm			深 さ 5cm			深 さ 10cm			深 さ 20cm			深 さ 40cm			
	マルチ区	清耕区	差	マルチ区	清耕区	差	マルチ区	清耕区	差	マルチ区	清耕区	差	マルチ区	清耕区	差	
1	上	-2.14	-3.63	1.49	-0.99	-2.18	1.19	-0.27	-0.25	-0.02	0.90	0.27	0.63	2.93	3.50	-0.57
	中	-2.92	-3.77	0.85	-1.85	-2.72	0.87	-0.58	-0.80	0.22	0.43	-0.13	0.56	2.37	3.00	-0.63
	下	-3.40	-3.39	-0.01	-2.70	-3.15	0.45	-1.34	-1.39	0.05	-0.17	-0.37	0.20	2.00	2.50	-0.50
	月平均	-2.82	-3.60	0.78	-1.85	-2.68	0.84	-0.73	-0.81	0.08	0.39	-0.08	0.46	2.43	3.00	-0.57
2	上	-2.34	-2.05	-0.29	-2.10	-2.17	-0.07	-1.30	-1.27	-0.03	-0.67	-0.79	0.12	1.49	2.33	-0.84
	中	-1.13	-1.20	0.07	-1.79	-3.35	1.56	-1.15	-1.25	0.10	-0.50	-0.69	0.19	1.33	1.95	-0.62
	下	-1.49	-1.07	-0.42	-0.98	-0.90	-0.08	-0.50	-0.38	-0.12	-0.03	0.10	-0.13	1.20	1.63	-0.43
	月平均	-1.65	-1.44	-0.21	-1.62	-2.14	0.52	-0.98	-0.97	-0.02	-0.40	-0.46	0.06	1.34	1.97	-0.63
3	上	0.10	-0.27	0.37	-0.53	-0.77	0.24	-0.44	-0.15	-0.29	-0.23	0.00	-0.23	1.03	1.57	-0.54
	中	4.02	2.20	1.82	0.72	0.60	0.12	0.30	0.17	0.13	-0.07	0.33	-0.40	1.00	1.50	-0.50
	下	6.82	5.00	1.82	2.75	2.65	0.10	1.82	1.34	0.48	0.52	0.84	-0.32	1.10	1.63	-0.53
	月平均	3.65	2.31	1.34	0.98	0.83	0.15	0.56	0.45	0.11	0.07	0.39	-0.32	1.04	1.57	-0.52
4	上	9.89	7.47	2.42	6.34	5.10	1.24	5.60	4.90	0.70	3.74	3.60	0.14	2.63	2.63	0.00
	中	11.44	8.95	2.49	8.43	7.09	1.34	8.05	6.79	1.26	6.71	5.45	1.26	5.23	4.97	0.44
	下	13.72	10.87	2.85	10.79	9.48	1.31	10.43	9.02	1.41	8.48	7.59	0.89	6.80	6.27	0.53
	月平均	11.67	9.10	2.59	8.52	7.22	1.30	8.03	6.90	1.12	6.31	5.55	0.76	4.89	4.56	0.32
5	上	16.27	12.85	3.42	13.43	11.18	2.25	12.94	10.85	2.09	11.04	9.10	1.94	8.67	7.82	0.85
	中	18.37	14.19	4.18	15.30	12.52	2.78	14.77	12.44	2.33	13.15	10.99	2.16	10.47	9.40	1.07
	下	20.85	15.90	4.95	17.00	14.07	2.93	16.30	13.60	2.70	14.05	11.82	2.23	11.45	10.47	0.98
	月平均	18.50	14.31	4.18	15.24	12.59	2.65	14.67	12.30	2.37	12.75	10.64	2.11	10.20	9.23	0.97
6	上	21.27	16.92	4.35	17.98	15.35	2.63	17.24	14.94	2.30	15.24	13.35	1.89	12.60	11.57	1.03
	中	20.75	16.65	4.10	17.75	15.23	2.52	17.29	15.25	2.04	15.64	13.70	1.94	13.57	12.47	1.10
	下	22.52	18.17	4.35	18.70	16.28	2.42	18.07	16.00	2.07	16.39	14.52	1.87	14.40	13.23	1.17
	月平均	21.51	17.25	4.27	18.14	15.65	2.52	17.53	15.40	2.14	15.76	13.86	1.90	13.52	12.42	1.10
7	上	24.10	20.02	4.08	20.20	18.04	2.16	19.54	17.64	1.90	17.54	15.98	1.56	15.30	14.20	1.10
	中	25.95	20.55	5.40	21.80	19.04	2.76	21.00	18.77	2.23	18.89	17.30	1.59	16.43	15.57	0.77
	下	27.25	21.85	5.40	22.64	19.72	2.92	21.87	19.62	2.25	19.82	18.15	1.67	17.43	16.50	0.93
	月平均	25.77	20.81	4.96	21.55	18.93	2.61	20.80	18.68	2.13	18.75	17.14	1.61	16.36	15.42	0.93
8	上	28.44	22.25	6.19	24.20	20.62	3.58	23.45	20.34	3.11	21.20	18.80	2.40	18.65	17.57	1.08
	中	27.42	22.74	4.68	23.72	21.07	2.65	23.05	20.73	2.32	21.03	19.22	1.81	19.03	18.10	0.93
	下	27.07	22.75	4.32	23.45	21.09	2.36	22.87	20.78	2.09	21.84	19.52	2.32	19.73	18.40	1.33
	月平均	27.64	22.58	5.06	23.79	20.93	2.86	23.12	20.62	2.51	21.36	19.18	2.18	19.14	18.02	1.11
9	上	24.99	20.67	4.32	22.12	19.49	2.63	21.60	19.49	2.11	20.58	18.64	1.94	19.30	18.57	0.73
	中	20.77	16.88	3.89	18.05	15.85	2.20	17.72	15.05	2.67	17.32	15.69	1.63	17.19	16.92	0.27
	下	18.94	15.87	3.07	16.40	14.87	1.53	16.48	15.03	1.45	16.10	14.84	1.26	16.19	15.99	0.20
	月平均	21.57	17.81	3.76	18.86	16.74	2.12	18.60	16.52	2.08	18.00	16.39	1.61	17.56	17.16	0.40
10	上	16.40	13.10	3.30	14.24	12.32	1.92	13.70	12.62	1.08	13.87	12.49	1.38	14.53	14.47	0.06
	中	14.92	11.52	3.40	12.78	10.59	2.19	12.54	11.05	1.49	12.54	11.10	1.44	13.40	13.27	0.13
	下	10.50	8.59	1.91	8.84	7.77	1.07	8.89	8.34	0.55	9.92	8.75	1.17	11.62	11.59	0.03
	月平均	13.94	11.07	2.87	11.95	10.23	1.73	11.71	10.67	1.04	12.11	10.78	1.33	13.17	13.12	0.05
11	上	8.65	7.32	1.33	7.39	6.84	0.55	7.60	7.57	0.03	8.14	7.67	0.47	10.00	10.13	-0.13
	中	6.98	6.13	0.85	5.62	4.55	1.07	5.69	5.35	0.34	6.55	5.70	0.85	8.47	8.80	-0.33
	下	3.29	2.32	0.97	2.98	2.42	0.56	3.32	3.35	-0.03	4.65	4.10	0.55	7.15	7.43	-0.28
	月平均	6.31	5.26	1.05	5.33	4.60	0.73	5.54	5.42	0.11	6.45	5.82	0.62	8.54	8.79	-0.25
12	上	0.22	0.35	-0.13	1.12	0.42	0.70	1.55	2.04	-0.49	2.99	2.77	0.22	5.50	6.17	-0.67
	中	-1.94	-2.65	0.71	0.17	-0.55	0.72	0.75	1.02	-0.27	2.00	1.62	0.38	4.35	5.05	-0.70
	下	-1.25	-2.37	1.12	-0.89	-2.23	1.34	-0.30	-0.20	-0.10	1.13	0.43	0.70	3.57	4.13	-0.56
	月平均	-0.99	-1.56	0.57	0.13	-0.79	0.92	0.67	0.95	-0.29	2.04	1.61	0.43	4.47	5.12	-0.64

表-2 黒ポリマルチ区と清耕区の深さ別地温の高極値及び低極値 (単位 °C)
(昭和56~58年, 野辺山農場, 標高1351m)

月 旬	区 名	深 さ 1cm			深 さ 5cm			深 さ 10cm			深 さ 20cm			深 さ 40cm			
		高極	低極	差	高極	低極	差	高極	低極	差	高極	低極	差	高極	低極	差	
1	上 中 下	マルチ	6	-12	18	0	-4	4	0	-2	2	1	-1	2	3	2	1
		清マルチ	6	-14	20	0	-10	10	0	-2	2	1	0	1	4	3	1
		清耕	5	-12	17	0	-6	6	0	-3	3	1	0	1	3	2	1
2	上 中 下	マルチ	9	-14	21	0	-8	8	0	-5	5	0	-1	1	2	1	1
		清マルチ	9	-15	24	0	-9	9	0	-5	5	0	-2	2	3	2	1
		清耕	10	-14	24	0	-9	9	0	-5	5	0	-1	1	2	1	1
3	上 中 下	マルチ	13	-8	21	1	-4	5	1	-2	3	0	-1	1	2	1	1
		清マルチ	12	-10	22	4	-8	12	0	-4	4	0	-1	1	2	1	1
		清耕	22	-7	29	6	-1	7	5	-1	6	0	-1	1	1	1	0
4	上 中 下	マルチ	29	0	29	14	0	14	11	0	11	6	0	6	5	1	4
		清マルチ	20	-7	27	15	0	15	10	0	10	5	0	5	4	2	2
		清耕	32	0	32	17	3	14	14	4	10	10	5	5	7	4	3
5	上 中 下	マルチ	24	-7	31	19	1	18	14	3	11	9	4	5	7	4	3
		清マルチ	34	0	34	20	3	17	17	4	13	12	6	6	9	5	4
		清耕	28	-6	34	20	2	18	15	4	11	10	4	6	7	5	2
6	上 中 下	マルチ	36	2	34	24	5	19	21	7	14	15	8	7	10	7	3
		清マルチ	30	0	30	22	2	20	17	6	11	13	7	6	9	6	3
		清耕	39	1	38	27	6	21	24	8	16	16	10	6	11	9	2
7	上 中 下	マルチ	32	0	32	24	3	21	19	6	13	14	8	6	11	8	3
		清マルチ	41	2	39	28	7	21	25	9	16	17	10	7	13	10	3
		清耕	34	0	34	28	3	25	22	7	15	16	8	8	11	9	2
8	上 中 下	マルチ	42	4	38	29	9	20	25	10	15	18	11	7	14	11	3
		清マルチ	34	1	33	28	5	23	22	8	14	19	10	6	13	10	3
		清耕	40	3	37	30	9	21	27	11	16	19	13	6	15	13	2
9	上 中 下	マルチ	34	2	32	25	4	21	24	9	15	16	11	5	13	11	2
		清マルチ	41	7	34	28	11	17	25	13	12	19	14	5	15	14	1
		清耕	33	3	30	25	7	18	21	11	10	17	12	5	14	13	1
10	上 中 下	マルチ	48	11	37	33	14	19	30	15	15	21	15	6	16	14	2
		清マルチ	36	7	29	27	11	16	24	14	10	19	14	5	15	13	2
		清耕	53	9	44	35	13	22	31	14	17	23	15	8	19	15	4
11	上 中 下	マルチ	34	8	26	28	10	18	25	13	12	21	14	7	18	14	4
		清マルチ	51	11	40	36	15	21	32	15	17	23	16	7	19	16	3
		清耕	37	9	28	31	11	20	28	15	13	21	16	5	18	15	3
12	上 中 下	マルチ	52	12	40	36	14	22	33	16	17	25	17	8	20	17	3
		清マルチ	42	6	36	36	10	26	29	14	15	22	16	6	19	17	3
		清耕	52	15	37	36	17	19	32	18	14	24	18	6	20	18	2
13	上 中 下	マルチ	35	13	22	30	14	16	26	17	9	21	18	3	19	17	2
		清マルチ	48	13	35	36	17	19	32	18	14	25	19	6	21	18	3
		清耕	38	11	27	34	14	20	29	17	12	22	18	4	20	17	3
14	上 中 下	マルチ	50	10	40	36	14	22	32	15	17	25	17	8	21	17	4
		清マルチ	34	7	27	32	9	23	28	14	14	22	16	6	20	17	3
		清耕	40	5	35	28	11	17	26	12	14	21	13	8	20	15	4
15	上 中 下	マルチ	29	3	26	27	7	20	22	11	11	19	13	6	19	15	4
		清マルチ	40	8	32	26	10	16	23	10	13	18	11	7	18	15	3
		清耕	29	5	24	25	8	17	20	11	9	18	13	5	18	15	3
16	上 中 下	マルチ	35	2	33	23	6	17	21	8	13	17	11	6	15	13	2
		清マルチ	26	1	25	22	3	19	19	7	12	15	10	5	15	13	2
		清耕	32	1	31	21	5	16	19	6	13	15	10	5	14	13	1
17	上 中 下	マルチ	26	-1	27	20	2	18	16	6	10	14	8	6	15	12	3
		清マルチ	29	0	29	18	3	15	16	1	15	13	7	6	13	11	2
		清耕	22	-5	27	19	-1	20	15	3	12	11	6	5	13	10	3
18	上 中 下	マルチ	23	0	23	13	1	12	12	2	10	10	5	5	11	8	3
		清マルチ	18	-8	26	14	1	13	12	3	9	10	4	6	11	8	3
		清耕	18	-6	24	12	1	11	11	2	9	10	7	3	10	7	3
19	上 中 下	マルチ	19	-7	26	12	-2	14	11	2	9	10	3	7	10	7	3
		清マルチ	17	-7	24	12	0	12	10	1	9	8	3	5	10	6	4
		清耕	17	-7	24	12	-3	15	10	1	9	8	3	5	9	6	3
20	上 中 下	マルチ	11	-9	20	7	0	7	6	0	6	5	2	3	7	4	3
		清マルチ	11	-11	22	7	-5	12	6	0	6	6	2	4	7	5	2
		清耕	9	-14	23	5	-1	6	4	0	4	4	1	3	5	4	1
21	上 中 下	マルチ	11	-12	23	6	-8	14	5	0	5	4	1	3	6	4	2
		清マルチ	6	-12	18	0	-5	5	5	0	5	4	0	3	6	4	1
		清耕	7	-14	21	0	-9	9	0	-4	3	2	-1	3	5	3	2

実験区の土壌は粒子が微細で、最大容水量は約150%に及ぶものであった。そのため清耕区だけでなく黒ポリマルチ区の土壌も凍上し、冬期間はセンサの深度を正確に保てなかった。したがって、この期間の深さ1 cmにおける測定値には誤差があると思われる。

表一2は黒ポリマルチ区と清耕区の深さ別地温の旬間の高極値と低極値である。



図一1 黒ポリマルチ区と清耕区の深さ別地温の高極値及び低極値 (単位 °C)
(昭和56~58年, 野辺山農場, 標高1351m)

野辺山は本州の中央部に位置していて降雪量は比較的少ないが、気温が低いので雪が固化しないまま風で漂流し続けたり、長期間消えなかつたりする。野辺山農場における平年の積雪期間は11月中旬から4月中旬まで約5か月であり、この期間中は実験区も雪で覆われていることが多かった。積雪時の地温は2区とも大差なく経過した。ただし、積雪深と積雪期間は年によって異なり、厳冬期でも雪のない時の地温には明らかな区間差が認められた。

地温の高極、低極及びそれらの差は地表面に近いほど大きいことは当然であるが、時期によって2区間の関係が異なった。すなわち、冬期間の深さ1 cmにおいては黒ポリマルチ区より清耕区のほうが高極がたかく低極が低い傾向があり、地温差が大きかった。これに対して4月から10月の間はポリマルチ区のほうが清耕区より高極、低極とも高温で経過した。

深さ1 cmの地温は野菜の播種や幼苗の定植に関係が大きいので、この深さの地温についてみれば、発芽あるいは活着に障害を及ぼすと考えられるような高温は、黒ポリマルチ区において、5月から9月まで頻りに観測された。ことに7、8月は高温であって、56年7月中旬には53°Cを記録した。ただし、実際の栽培では播種あるいは定植前にマルチフィルムへ、直径4ないし4.5cmの穴をあけるため、これほどの高温に達することは少ないものと思われる。これに対して清耕区の最高地温は58年8月上旬の42°Cであった。

図-1は実用資料に供するため、表-2の一部を図示したものである。

本実験は昭和55年夏に準備を始め、平畦で地温測定を行った。以後、昭和59年春の実験終了までこの畦型で測定を続けたが、その間に野辺山地域のマルチ方法は地表面全部をマルチフィルムで覆う、“全面マルチ”に移行した。したがって、以上のデータをそのまま全面マルチに適用することには不安があるが、地温変化の傾向を推察するには有用であろう。

〔II〕 マルチ材料と地温

本実験は〔I〕と同質の信州大学農学部野辺山農場の腐植に富むシルト壤土の畑地において、昭和57年6月から10月に行った。実験区画は図-2のように設定した。

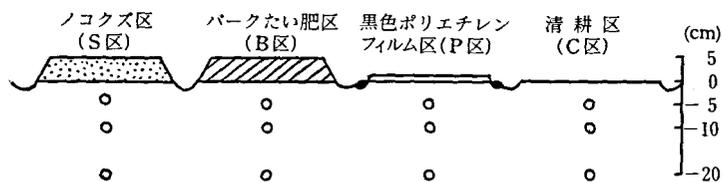
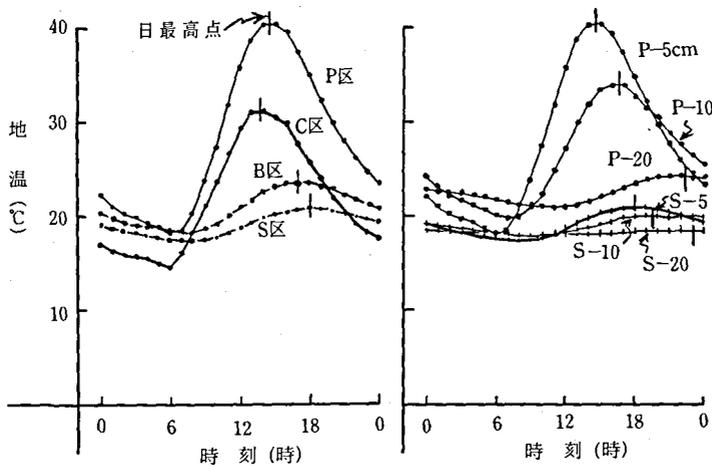


図-2 地温測定実験区 (昭57, 野辺山, ○印は温度センサ)

は場へ1辺3mの水平な正方形区画を4区設け、各区へ棒状の温度センサを地表下1、10及び20cmに埋設した。その後、区画ごとに表層処理を施して、黒色ポリマルチ区(P区)、パークたい肥5 cm マルチ区(B区)、ノコクズ5 cm マルチ区(S区)及び清耕区(C区)を設けた。地温測定と記録には乾熱プリンタ式デジタル記録計(Chino, Procos VII)を用い、毎時または偶数時の正時値をとり、補正後に集計した。

II 実験結果及び考察

1 地温の日変化



図一 3 (1) 土壤処理区の地温の日変化 (2) 深さ別地温の日変化
(深さ 5 cm)

((1), (2)とも昭57.8.6, 野辺山)

図一 3の(1)は、P区の深さ 5 cm において、実験期間中に最高地温 (40.3°C) を記録した 8月6日 (快晴日) の地温の日変化を区間比較したものである。

これによれば、日最高地温及び地温の変化速度とも $P > C > B > S$ 区の順であった。しかし、最高地温に達した時刻はC区が最も早く午後2時ころであって、以下P, B, S区の順であった。C区の最高地温到達時刻に対する各区のその遅れは、P区が約1時間、B区が約4時間、S区が約5時間であった。なおP区では約6時間にわたって35°C以上の地温を記録した。夏まきのレタスはしばしば高温によって不発芽を生ずるが、このような天候が予想される時には、播種穴周辺のマルチにも覆土しておく必要があらうと考えられた。

図一 3の(2)は前述の8月6日に、地温変化が最も大きかったP区と、最も小さかったS区について、深さ別に地温変動状況を比較したものである。B区とC区の図示は省略したが、各区とも日最高地温及び地温の変化速度は浅い所ほど大きかった。ただし、その程度には顕著な区間差がみられ、例示した8月6日の場合、P区の深さ20cmにおける地温は、終日、S区の深さ5 cmより高く経過した。

各深さの地温のピーク時刻は深い所ほど遅れ、深さ5 cmにつきP区では約2時間40分、S区では約1時間40分遅くなった。

2 地温の時期変化

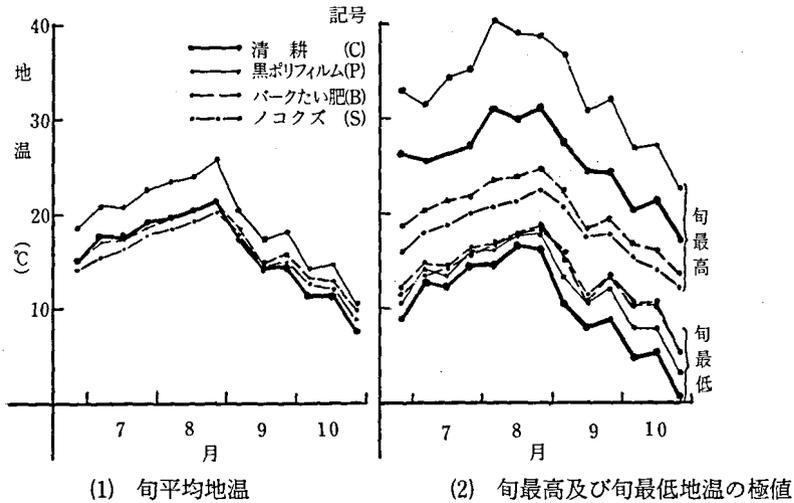
図一 4は土壤処理法と深さ5 cmの地温の時期変動状況で、その(1)には旬平均地温を、また(2)には旬最高及び最低地温の極値を示した。

旬平均地温は実験期間中常にP区が最も高かった。その他の3区のうちでは、8月末日まではC区がB区及びS区よりわずかに高かった。以後はわずかに低くなった。この原因は明らかにできなかったが、パークたい肥とノコズは密度と色彩の経時変化にもなって熱伝導率と熱吸収率が増大したためであらうと推察された。

7~9月の各旬の旬最高地温は各深さとも $P > C > B > S >$ 区の順であり、区間差が顕著

であった。旬最低地温はC < P < B = S区の順で低かったが、旬最高地温より区間差が小さかった。

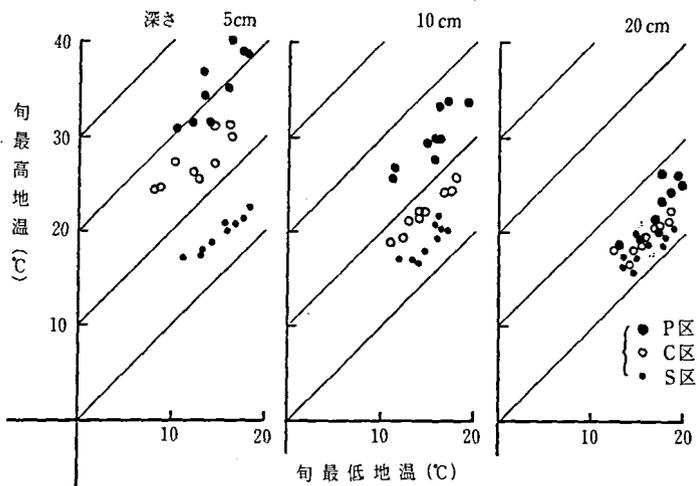
P区はB区やC区より夜間の地温が低下したが、C区よりは明らかに高かった。



図一4 土壤処理法と地温の時期変動 (昭57, 野辺山, 深さ5cm)

3 深さと旬間の最高及び最低地温の関係

図一5は縦軸に旬間の最高地温を、また、横軸に旬間の最低地温をとり、高温期の7から9月について両者の関係を深さ別及び区別に示したものである。ただし、B区はS区に接近あるいは重複してプロットされるため省略して図を単純化した。図中の斜線は旬間の最高地温と最低地温の差を読むための補助線である。



図一5 深さと旬間の最高及び最低地温の関係 (昭和57, 7~9, 野辺山)

深さ 5 cm の各旬の最高地温は P 区では 30~40°C の間にあったが、S 区では 20°C 前後にとどまった。いっぽう、この期間の旬最低地温は、各区、各深さとも大部分が 10~20°C の間で経過した。この結果、7~9 月の各旬における旬間の最高最低地温差は、深さ 5 cm においては P 区が約 20°C、S 区が約 5°C であったが、深さ 10cm ではそれぞれ約 15°C と 4°C となり、さらに深さ 20cm においては約 7°C と 3°C となった。

4 マルチ材の光反射率

上記の実験に関連して実験開始当初に各区のマルチ材等の光反射率を測定したところ、シルト壤土の C 区が 7.9%、P 区 12.1%、B 区 8.2%、S 区 23.4% であった。この光反射率の差も各区に温度差を生じた一因をなしたものと推察される。

(III) 附 記

以上の実験は有馬の高冷地農業実験実習施設在任中に行ったものであり、前施設長氏原暉男教授に多大な御力添えを賜った。また、測定記録の数値化には村上シズエ氏の御協力をいただいた。記して謝意を表する。