

土壤碳水化合物化合物的研究

文啓孝 程勵勵 彭福泉

(中国科学院土壤研究所)

碳水化合物是土壤有机质的组成成分之一。一般认为,它在土壤良好结构的形成中起着重要的作用^[1]。根据 Waksman 和 Stevens 的“近似分析法”,各种土壤的有机质中,“半纤维”的含量约在 5—20% 间,“纤维”的含量在 0—5% 间^[2]。但是这种方法并不能提供关于土壤碳水化合物本性方面的资料。近年来,借助于分离的方法,已经证明各种土壤中都有微生物来源的多糖存在。可是由于碳水化合物易与土壤矿质部分牢固结合,迄今分离出的较“纯”的多糖量一般仅占土壤有机质总量的 0.1—2%^[3,4,5,6],而关于其余的土壤碳水化合物的性质仍很少了解。土壤水解液的研究尽管只能给出土壤碳水化合物组成的总的概念^[7],但看来仍不失为研究此一问题的另一可能途径。从这个观点出发,我们研究了儿种主要土壤水解液中碳水化合物的组成,以及它们在土壤剖面中和各有机组分中的分布状况。本文报道这方面的研究结果。

样品和方法

供试土壤包括高山草原土(四川省理塘县,海拔 4,220 米)、灰棕壤(黑龙江省伊春五营)、草甸黑土(黑龙江省嫩江县九三农场)、暗栗钙土(内蒙古自治区锡林格勒盟)、盐化草原土(内蒙古自治区锡林格勒盟)、黑垆土(甘肃省华家岭)、砖红壤(广东省海南岛福山县)等自然植被下的土壤以及发育于砖红壤母质上的旱地和水稻土(广东省雷南县)等。

胡敏酸按常法提取(0.1N HCl 预处理, 0.1N NaOH 提取,室温)和分离,并重新溶解沉淀 2 次。富里酸按 Kobo^[8] 法分离,即将去除胡敏酸后的酸液调整至 $\text{pH} = 4.8$,使富里酸沉淀析出。分离得的胡敏酸和富里酸均经过透析与电析,然后在 45—50°C 下真空干燥。

胡敏素的制备基本上按 Кононова 法^[9]。惟酸碱交替处理时改用 0.5N H_2SO_4 与 0.1N NaOH 反复处理土样,残渣中的有机质总称之为胡敏素。

土样、残渣(胡敏素)和胡敏酸、富里酸制品用 1N H_2SO_4 在 100°C 下水解 8 小时。每克土样(或残渣)加酸 10 毫升;每 100 毫克腐殖物质加酸 10 毫升。石灰性土壤加入的酸量按其游离碳酸钙含量计算,使最终溶液中酸的浓度仍保持为 1N。水解液中五碳糖总量用草酸-苯胺法测定^[10];六碳糖用蒽酮法测定(将内盛有 10 毫升 0.2% 蒽酮试剂的试管置于冷水中,缓缓加入 5 毫升处理后的水解液,搅匀,在沸水浴上加热 10 分钟后立即冷却,然后在 620 毫微米波长处测定其光密度^[11])。预备试验表明,水解液经 CaCO_3 处理后,其六碳糖的测定值并不因溶液稀释度的不同而变化,与经 CaCO_3 和阳离子交换树脂处理的

也相同,因此,在所有六碳糖总量的测定中,水解液均未经离子交换树脂处理。

供层析法用的试样按下法制备: 将水解液用 CaCO_3 中和, 过滤, 在 40°C 下蒸干。然后用吡啶处理 3 次以去盐, 每次用吡啶 10 毫升。将吡啶-糖溶液过滤后, 在 40°C 下蒸去吡啶, 最后将糖溶于 2 毫升 50% 的异丙醇中。

各别糖用下列纸层析法分离。以正丁醇-醋酸-水 (4:1:5 V/V) 为溶剂, 展层 5 次。以草酸-苯胺为显色剂^[12]。层析分离后的六碳糖和甲基五碳糖用 Dubois 法^[13]测定, 五碳糖用草酸-苯胺法测定。在所采用的溶剂中甘露密糖不能与阿拉伯糖分开, 甘露密糖用差变法求得, 计算公式如下:

$$\text{甘露密糖, 微克} = A - K \cdot B$$

其中 A——用 Dubois 法测得的甘露密糖值(微克),

B——用草酸-苯胺法测得的阿拉伯糖值(微克),

K——常数, 以甘露密糖的光密度为 1 时, 阿拉伯糖的光密度值。

将标准糖溶液点在滤纸上, 按上述方法展层, 洗脱, 显色, 木糖的回收率为 93.1%, 葡萄糖的回收率为 96.9%。层析出的鼠李糖与酚-硫酸试剂作用后微显橙色, 其测定值略偏高。

结 果

(一) 表土中碳水化合物的组成

定性纸层析的结果指出, 各表土中糖的组成在质上均大体上相同, 它们除都含有较多的葡萄糖、半乳糖、甘露密糖、阿拉伯糖、木糖和鼠李糖外, 还有 5—7 个未能鉴定出的、 R_f 值较高的糖, 其中至少有 2 个与草酸-苯胺呈粉红色, 其余均呈黄色。根据 R_f 值(0.30)与颜色反应来判断, 后者中有 1 个可能为岩藻糖, 但是由于我们没有标准样品, 这一点还不能予以肯定。所有这些未鉴定出的糖, 其含量均较上述已鉴定出的糖为少。

几种已鉴定出的糖的含量见表 1。由表 1 可见, 各种自然植被下的土壤, 尽管其植被和气候条件彼此间差异极其悬殊, 但各种糖的相对含量却很近似, 一般都是以葡萄糖为最多, 次为半乳糖, 木糖和阿拉伯糖的含量大多彼此很接近, 其量略逊于半乳糖而居于第三位, 鼠李糖量最少。甘露密糖的相对含量变化较大, 一般在葡萄糖和木糖含量间。耕作土壤有所不同, 在砖红壤母质上发育的旱地土壤中, 半乳糖和阿拉伯糖的相对含量最高; 在砖红壤性水稻土中, 木糖的含量也高于葡萄糖, 半乳糖和甘露密糖的含量与葡萄糖相近。耕作土壤中糖的组成的这些变化, 特别是葡萄糖含量的降低, 是否是由于在耕作条件下, 作为有机质来源的植物物质组成及微生物区系不同所致, 目前的资料还很不够, 尚不能肯定, 有待进一步研究。

(二) 各有机组分中碳水化合物的分布

1. 胡敏素中的碳水化合物: 胡敏素中的五碳糖和六碳糖的测定结果列于表 2。各表土胡敏素中的碳水化合物量占全土碳水化合物总量的百分数变动在 37—65% 间。比较表 2 和表 5 可见, 自然植被下的土壤, 胡敏素中碳水化合物的百分含量一般均高于或接近于全土中碳水化合物的百分含量; 耕作土壤则反是, 其胡敏素中碳水化合物的百分含量均小于全土中碳水化合物的百分含量。但无论自然植被下的土壤或耕作土壤, 其胡敏素中

表 1 表土中碳水化合物的组成*

土 壤		葡萄糖	半乳糖	甘露糖	木 糖	阿拉伯糖	鼠李糖
高山草原土	相对浓度(微克)	1885	990	910	527	635	430
	分子比	2.98	1.57	1.44	1.00	1.20	0.67
灰棕壤	相对浓度(微克)	1360	450	631	289	334	278
	分子比	3.93	1.30	1.82	1.00	1.16	0.79
草甸黑土	相对浓度(微克)	1345	697	868	395	490	345
	分子比	2.83	1.47	1.83	1.00	1.24	0.72
暗栗钙土	相对浓度(微克)	236	150	103	125	129	59
	分子比	1.58	1.00	0.69	1.00	1.03	0.39
盐化草原土	相对浓度(微克)	385	295	—	235	257	141
	分子比	1.37	1.05	—	1.00	1.09	0.50
黑护土	相对浓度(微克)	508	343	216	190	307	184
	分子比	2.24	1.51	0.95	1.00	1.62	0.80
砖红壤	相对浓度(微克)	885	344	652	297	272	242
	分子比	2.71	1.05	2.00	1.09	1.00	0.73
砖红壤旱地	相对浓度(微克)	165	263	90	94	225	90
	分子比	1.46	2.33	0.80	1.00	2.39	0.79
砖红壤性水稻土	相对浓度(微克)	109	98	92	120	35	66
	分子比	2.59	2.33	2.19	3.43	1.00	1.55

* 供测定的各土样取量不相同,且未准确称重,因此表中糖的含量各土样间不能严格比较。

表 2 表土胡敏素中碳水化合物的含量

土 壤	C(%)	五 碳 糖		六 碳 糖		总 量			六碳糖 五碳糖
		微克/ 1克残渣	五碳糖-C 全C (%)	微克/ 1克残渣	六碳糖-C 全C (%)	微克/ 1克残渣	占残渣 全C%	占全土 碳水化 合物%	
高山草原土	3.68	5000	5.44	9250	10.06	14250	15.50	46.5	1.85
灰棕壤	8.38	6875	3.28	15500	7.40	22375	10.68	64.6	2.26
草甸黑土	1.88	2700	5.74	4000	8.50	6700	14.24	49.6	1.48
暗栗钙土	1.16	1815	6.24	2000	6.88	3815	13.12	53.2	1.10
盐化草原土	0.74	1115	6.00	1320	7.12	2435	13.12	50.7	1.19
黑护土	1.22	1585	5.20	1650	5.42	3235	10.62	55.0	1.04
砖红壤	1.39	1565	4.51	2700	7.79	4265	12.30	60.5	1.73
砖红壤旱地	0.97	775	3.20	810	3.34	1585	6.54	36.8	1.05
砖红壤性水稻土	0.97	675	2.78	880	3.62	1555	6.40	42.7	1.30

六碳糖/五碳糖比值都显著地较全土者低。这表明被提取出的碳水化合物与胡敏素中的碳水化合物比较,在糖的组成上存在着明显的差异。

几种已鉴定出的糖的测定结果(表 3)证实了胡敏素组分中碳水化合物组成的上述变异。比较表 3 和表 1 可见,在胡敏素组分中,阿拉伯糖和木糖的相对含量均显著增高,它们甚至超过了葡萄糖的含量。除了各种糖的相对含量与全土不同以外,和全土一样,胡敏素中既含有表 3 中所列出的几种糖,也含有较少量的其他的一些未鉴定出来的碳水化合物

表 3 表土胡敏素中碳水化合物的组成*

土 壤	葡 萄 糖	半 乳 糖	甘 露 密 糖	木 糖	阿 拉 伯 糖	鼠 李 糖	
高山草原土	相对浓度(微克)	1803	512	524	503	515	327
	分子比	2.99	0.85	0.87	1.00	1.02	0.54
盐化草原土	相对浓度(微克)	94	痕迹	134	174	153	痕迹
	分子比	1.00	—	1.43	2.22	1.95	—
黑护土	相对浓度(微克)	348	158	162	256	262	106
	分子比	1.13	0.51	0.53	1.00	1.02	0.34
砖红壤旱地	相对浓度(微克)	87	75	106	128	109	112
	分子比	1.00	0.86	1.22	1.77	1.50	1.27
砖红壤性水稻土	相对浓度(微克)	33	187	33	38	139	71
	分子比	1.00	5.67	1.00	1.38	5.05	2.13

* 同表 1 注。

物。

2. 胡敏酸和富里酸组分中的碳水化合物: 定性纸层析表明, 胡敏酸和富里酸中所含有的糖的种类和全土相似。但是它们中这些糖的含量却均较全土中糖的含量为低(表 4, 并参见表 5), 一般仅在 0.9—4.2% 之间; 如以胡敏酸与富里酸比较, 则前者中碳水化合物的含量又常较后者为低。将胡敏酸、富里酸和胡敏素中碳水化合物含量的资料结合在一起与全土进行比较时, 不难看出, 相当多一部分碳水化合物已在胡敏酸、富里酸的分离和精制过程遭受损失。

表 4 表土胡敏酸、富里酸中碳水化合物含量

土 壤		$\frac{\text{五碳糖-C}}{\text{全 C}}(\%)$	$\frac{\text{六碳糖-C}}{\text{全 C}}(\%)$	总 量 (%)
灰棕壤	胡敏酸	0.91	1.66	2.57
	富里酸	1.42	2.35	3.77
草甸黑土	胡敏酸	0.76	1.04	1.80
	富里酸	1.20	2.00	3.20
暗栗钙土	胡敏酸	0.73	1.22	1.95
	富里酸	1.39	3.08	4.47
砖红壤	胡敏酸	—	—	—
	富里酸	1.64	3.28	4.92
沼泽型稻田水稻土	胡敏酸	0.34	0.59	0.93
	富里酸	1.04	2.12	3.16

曾按常法将胡敏酸制品反复沉淀溶解, 并测定各次沉淀中的五碳糖和六碳糖量。结果表明(图 1), 反复溶解沉淀将大大降低胡敏酸中的碳水化合物含量, 但不同来源的胡敏酸其碳水化合物去除的难易程度并不一样。对草甸黑土胡敏酸来说, 反复溶解沉淀 5 次后, 残留下来的碳水化合物量仅为处理前的 25%, 而泥炭胡敏酸在同样条件下则为 50%。无论草甸黑土胡敏酸或泥炭胡敏酸, 每次溶解沉淀过程中所减少的六碳糖/五碳糖的比值

表5 碳水化合物在土壤剖面中的分布

土 壤	土层深度 (厘米)	C(%)	五 碳 糖		六 碳 糖		总 量		六碳糖 五碳糖
			微克/ 1克土	五碳糖-C 全C (%)	微克/ 1克土	六碳糖-C 全C (%)	微克/ 1克土	占全C%	
高山草原土	4—6	6.85	6850	4.00	18250	10.66	25100	14.66	2.66
	12—14	4.48	3200	2.86	9950	8.89	13150	11.75	3.11
	21—27	2.93	975	1.33	3480	4.74	4455	6.07	3.57
	41—45	1.36	400	1.17	1300	3.82	1700	4.99	3.25
灰化泰加林土	10—16	3.76	1275	1.36	4500	4.79	5775	6.15	3.53
	16—28	4.16	1590	1.53	4825	4.64	6415	6.17	3.03
	28—39	2.83	905	1.28	2475	3.50	3380	4.78	2.73
灰棕壤	5—10	14.21	7450	2.10	20700	5.83	28150	7.93	2.78
	10—16	5.66	2385	1.69	6000	4.24	8385	5.93	2.52
	25—47	2.19	1275	2.33	2300	4.20	3575	6.53	1.80
草甸黑土	0—24	4.31	3560	3.30	8250	7.66	11810	10.96	2.32
	24—42	1.94	1220	2.52	3000	6.19	4220	8.71	2.46
	42—66	1.44	658	1.83	1640	4.57	1300	6.40	2.41
	66—92	1.00	275	1.10	800	3.19	1075	4.29	2.91
	92—150	0.65	190	1.16	430	2.65	620	3.81	2.26
暗栗钙土	0—10	1.88	2190	4.12	4460	9.47	6650	13.59	2.04
	10—20	1.21	1380	4.58	2740	9.10	4120	13.68	1.99
	20—63	0.73	825	4.52	1760	9.33	2585	13.85	2.13
	63—85	0.61	765	5.00	1360	8.89	2125	13.89	1.78
盐化草原土	0—16	1.55	1565	4.04	2930	7.57	4495	11.61	1.87
	16—29	0.78	550	2.86	1320	6.86	1870	9.72	2.40
	29—39	1.07	495	1.84	880	3.28	1375	5.12	1.78
黑炉土	0—25	2.47	1525	2.47	3300	5.36	4825	7.83	2.16
	25—50	1.52	740	1.94	1600	4.12	2340	6.06	2.16
	50—88	0.87	455	2.08	800	3.68	1255	5.76	1.76
	88—137	0.63	400	2.54	500	3.18	900	5.72	1.25
砖红壤	1—10	2.64	1885	2.85	4480	6.78	6365	9.63	2.38
	40—50	0.86	485	2.26	1250	5.77	1735	8.03	2.58
	70—80	0.68	315	1.84	730	4.29	1045	6.13	2.32
砖红壤旱地	0—15	1.46	1145	3.13	2760	7.55	3905	10.68	2.41
	15—26	1.36	1090	3.21	2400	7.08	3490	10.29	2.20
	26—38	1.18	740	2.51	1950	6.63	2690	9.14	2.64
	38—55	1.01	590	2.33	1630	6.46	2220	8.79	2.76
	55—80	0.82	525	2.55	1370	6.68	1895	9.23	2.61
	80—100	0.83	490	2.34	1050	5.07	1540	7.41	2.14
砖红壤性水稻土	0—14	1.76	965	2.19	2380	5.58	3345	7.77	2.47
	14—20	1.24	675	2.17	1800	5.79	2475	7.96	2.67
	20—35	0.95	265	1.12	610	2.58	875	3.70	2.30
	35—45	0.73	320	1.75	780	4.28	1100	6.03	2.44
	45—75	0.78	365	1.86	750	3.82	1115	5.68	2.05
	75—90	0.69	390	2.25	725	4.22	1115	6.47	1.86

均大致相同。此外,第 1、2、3 次溶解沉淀处理后酸性滤液中的游离五碳糖量的测定结果还表明,游离五碳糖量一般仅为其中五碳糖总量的 10—30%。可见,至少在最初的几次溶解沉淀过程中,尽管发生了水解作用,但碳水化合物的去除主要仍然是由于机械去杂或解吸作用所造成。

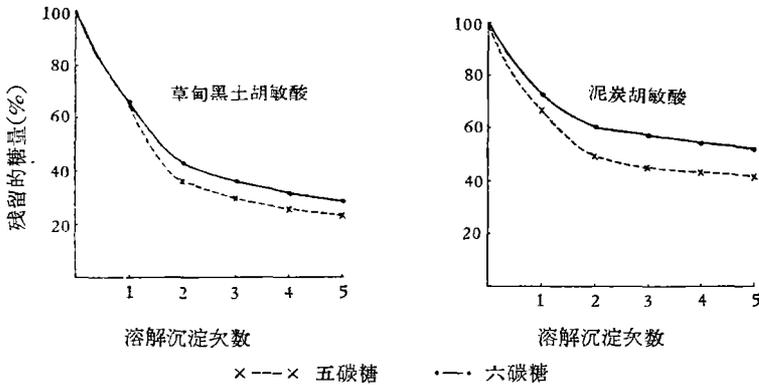


图 1 溶解沉淀处理对胡敏酸中碳水化合物含量的影响

(三) 碳水化合物在土壤剖面中的分布

25 个表土的分析结果表明,表土中五碳糖-碳与六碳糖-碳的总量一般占土壤有机碳总量的 6.2—14.7%。其中六碳糖-碳的含量一般为五碳糖-碳的 2 倍以上,前者一般占土壤有机碳总量的 4.7—10.8%,后者占土壤有机碳的 1.4—4.1%。16 个土壤剖面的分析结果表明(部分结果列于表 1),在绝大多数土壤中,碳水化合物的绝对含量和其占土壤有机碳的百分数均随剖面深度而降低,底土层中它们占土壤有机碳的百分数可低至 3% 左右。

Graveland 等^[11]报告,在某些盐化和碱化土壤中,糖醛酸和六碳糖在 B 层中有聚积的现象。在我们的工作中未能证实这一点;只有在灰色泰加林土和灰棕壤的 16—28 和 25—47 厘米土层中,发现五碳糖的相对含量有较其上土层略高的迹象。值得注意的是,在盐化草原土的 29—39 厘米土层中,尽管由于地下水位的顶托,有机质含量显著增高,但其碳水化合物的绝对含量和相对含量仍较其上土层为低。这表明,碳水化合物的剖面分布状况与各土层中富里酸的含量并没有什么相关。

讨 论

Lynch 等^[7]和 Parsons 等^[15]先后用水解和分离的方法研究了土壤碳水化合物的组成。在本工作进行期中, Sowden 等^[16]也报道了他们关于这方面的研究结果。我们的结果和上述作者们的结果比较,彼此间在糖的种类上很相近似,仅在各种糖的相对含量方面互有差异。Sowden 等^[16]指出,水解条件的不同,将导致水解产物的组成相当大的变异。在较弱的水解条件下,土壤中释放出的五碳糖、甲基五碳糖等的数量增多,但纤维不能水解完全;在较强的水解条件下则反是。看来不同作者的结果的某些差异,主要是由于水解条件不同所致。在我们所采用的水解条件下,葡萄糖的含量可能略嫌偏低。

鉴于糖的种类繁多以及葡萄糖和木糖的相对含量不高的事实, Forsyth^[3]和 Whistler 等^[5]认为,土壤中分离出的“纯”多糖是多糖混合物,它们的来源是微生物。将全土水解液

中糖的组成与“纯”多糖作比较,前者中除了糖的种类更多以及葡萄糖的相对含量略高而外,和“纯”多糖一样,其它几种主要糖的相对含量都是比较接近的。因此可以认为,全土中的碳水化合物除了一小部分可能为植物纤维外,主要的乃是微生物来源的多糖混合物。已经知道,微生物来源的多糖是极其多种多样的。不同的多糖,不但其组成不同,而且它们在不同溶剂中的溶解度及其与土壤矿质部分结合的牢固性也各异。由此不难理解,全土中碳水化合物的组成与分离出的“纯”多糖或胡敏素中糖的组成为甚么在各种糖的相对比例上彼此间有所差异。鉴于无论用碱液或无水甲酸^[15]为提取剂,土壤残渣中五碳糖的相对比例均较全土为高的事实,有理由设想,某些五碳糖含量较高的微生物多糖,它们与土壤矿质部分结合得更更为牢固一些。

关于碳水化合物是否是腐殖物质的组成部分问题,目前还存在着不同的意见^[17]。根据我们的结果,虽然在反复溶解沉淀后的胡敏酸制品中仍然含有少量的碳水化合物,同时酸碱交替处理过程中也引起了多糖的水解,但是图 1 的材料似乎可以表明,相当多一部分碳水化合物是被胡敏酸所吸附的物质。第 3—5 次溶解沉淀过程中碳水化合物含量缓慢下降的现象,乍一看来,似乎支持它是胡敏酸的组成成分的观点,但是,如果考虑到胡敏酸中的碳水化合物的含量很低,糖的种类又如此之多,而胡敏酸的分子量并不很大^[17,18],那么,很显然,把碳水化合物看作是胡敏酸的组成成分的观点是值得怀疑的。可以认为,碳水化合物是土壤有机质中与腐殖物质(和蛋白质)并存的另一系列高分子化合物。

土壤中的碳水化合物包括还原糖、氨基糖、糖醛酸、糖醇等各类物质,还原糖仅是其中主要的一个部分。蒽酮法实际上包括六碳糖和甲基化五碳糖等。在我们的测定条件下,半乳糖、甘露密糖和鼠李糖的光密度值仅分别为葡萄糖的 60、66 和 50%,因此尽管有其他物质的干扰(木糖和阿拉伯糖的光密度值均约为葡萄糖的 10%),用该法测得的六碳糖(包括甲基化五碳糖)的数值应偏低。用苯胺法测得的五碳糖的数值也将比实际含量为低^[10]。所以用蒽酮法和苯胺法所得到的全土中还原糖的总量实际上只是较实际含量偏低的近似值。我们的结果指出,表土中以还原糖态存在的碳占有机碳总量的 6.2—14.7%,即就是说,仅仅这一部分碳水化合物即占表土中有机质总量的 8.9—21.6%。显然,如果加上氨基糖和糖醛酸等的含量,则碳水化合物占土壤有机质的比重还要更大一些。可见,碳水化合物是土壤有机质中一类不容忽视的化合物,那种认为腐殖物质占土壤有机质总量 85—90% 的估计是未必符合实际情况的^[9]。

摘 要

研究了几种主要土壤中碳水化合物的组成及其在各有机部分和土壤剖面中的分布状况。

各表土中碳水化合物的组成很相近似,都含有葡萄糖、半乳糖、阿拉伯糖、木糖和鼠李糖等,除葡萄糖的相对含量略较高外,其余几种糖的相对含量一般均大体相近。

胡敏酸中碳水化合物的组成与全土相近;其含量视样品的制备方法而定,但一般常较富里酸中的含量低。胡敏素中的碳水化合物约占全土碳水化合物总量的 35—65%;其中五碳糖的相对含量较全土高。

五碳糖和六碳糖的总量占表土有机质总量的 8.9—21.6%,二者的绝对含量和相对含

量一般均随剖面深度而降低。

参 考 文 献

- [1] Haworth, W. N., Pinkard, F. W., Stacey, M.: Function of Bacterial Polysaccharides in the Soil. *Nature*, 158: 836—837, 1946.
- [2] Forsyth, W. G. C.: Carbohydrate metabolism in the Soil. *Chem. & Ind.*, 515—519, 1948.
- [3] Forsyth, W. G. C.: Studies on the more soluble complexes of soil organic matter: 2. The composition of the soluble polysaccharides. *Biochem. J.*, 46: 141—146, 1950.
- [4] Dubach, P., Zweifel, G., Bach, R., Deuel, H.: Untersuchungen an der Fulvosäure-Fraktion einiger Schweizerischer Böden. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.*, 69: 97—108, 1955.
- [5] Whistler, R. L., Kirby, K. M.: Composition and behavior of soil Polysaccharides. *J. Amer. Chem. Soc.*, 78: 1755—1759, 1956.
- [6] Bernier, B.: Characterization of polysaccharides isolated from forest soils. *Biochem. J.*, 70: 590—598, 1958.
- [7] Lynch, D. L., Olney, H. O., Wright, L. M.: Some sugars and related carbohydrates found in Delaware soils. *J. Sci. Food Agric.*, 9: 56—60, 1958.
- [8] Kobo, K., Tatsukawa, R.: On the colored material of fulvic acid. *Z. Pflernähr. Düng. Bodenk.*, 84: 137—147, 1959.
- [9] M. M. 科诺诺娃(陈恩健等译): 土壤有机质, 88—98 页, 科学出版社, 1959 年。
- [10] 文启孝, 程励励: 土壤中五碳糖的比色测定法. *土壤学报*, 10 卷 2 期, 220—225 页, 1962 年。
- [11] Morris, D. L.: Determination of glucose by Anthrone method. *Science*, 107: 254—255, 1948.
- [12] Partridge, S. M.: Partition chromatography and its application to carbohydrate studies. *Biochem. Soc. Symposia (Cambridge, Engl.)*, 3, 52—61, 1950.
- [13] Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Reber, P. A. and Fred Smith: Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28: 350—356, 1956.
- [14] Graveland, D. N., Lynch, D. L.: Distribution of uronides and polysaccharides in the profiles of a soil catena. *Soil Sci.*, 91: 162—165, 1961.
- [15] Parsons, J. W., Tinsley, J.: Chemical studies of polysaccharide material in soils and composts based on extraction with anhydrous formic acid. *Soil Sci.*, 92:46—53, 1961.
- [16] Ivarson, K. C., Sowden, E. J.: Methods for the analysis of carbohydrate material in soil: 1. Colorimetric determination of uronic acids, hexoses and pentoses, 2. The use of cellulose column and paper chromatography for determination of the constituent sugars. *Soil Sci.*, 94: 245—248, 340—344, 1962.
- [17] Kononova, M. M.: *Soil organic matter*. 60—61, 67, 17, Pergamon Press. 1961.
- [18] Scheffer, F., Ulrich, B.: *Humus und Humusdüngung*. 54—56, Ferdinand Enke Verlag Stuttgart, 1960.

STUDIES ON THE CARBOHYDRATES IN SOME GREAT SOIL GROUPS OF CHINA

WEN CHI-HSIAO, CHENG LI-LI AND PENG FEI-QUAN

(Institute of Soil Science, Academia Sinica)

Summary

The present paper gives the composition of carbohydrates in some soil groups and its distributions in different organic fractions and in soil profile. Soil samples used include alpine steppe soil, brown podzolic soil, prairie soil, dark chestnut soil, salinized steppe soil, black loam soil, laterite and paddy soil. It was found that all the surface soils examined under natural vegetation, irrespective of their divergent vegetative and climatic conditions, resembled each other in the pattern of component sugars. In general, the relative concentration of glucose was slightly higher than that of other sugars, the other sugars decreased in the following order: galactose, xylose-arabinose, rhamnose. The relative concentration of mannose though varied in different soil types, was usually higher than that of xylose and lower than that of glucose.

In the humic acid fraction similar component sugars were also present, the amount of which, however, depended largely on the method of preparation of the humic acid sample. The amount of these sugars in humic acid fraction was always higher than that in the fulvic acid fraction when both samples were prepared by a same purifying procedure.

About 37—65% of the total sugars remained in the humin fraction presumably were due to the interaction of carbohydrates with inorganic matter.

The sum of pentose and hexose sugars amounted to 8.9—21.6% of the soil organic matter in the surface soils studied. The absolute content of these sugars, as well as their relative content, usually decreased with the depth in soil profile.