不同水分状况下SPAC水分热力学

函数特征和水势温度效应*

高俊凤 白锦鳞 张一平 刘思春

(农化系)

(基础部)

摘要在冬小麦的苗期、拔节期、扬花期,给予两种不同的水分处理(正常灌水和 干早),测定土壤、植物、大气的水势并计算热力学函数。结果表明.正常灌水条件下,不同 生育期土壤水的△G比较接近,而干旱条件下土壤水的△G变化幅度较大。植物水的△G随小 麦生长发育逐渐降低。无论正常灌水或干旱条件下,3个生育期中土壤水、植物水的△G放小 变化趋势与△5变化相同,两者呈极显著相关。随着温度升高,土壤水势、植物叶水势均 升高。当含水量降低时,土壤、植物的水势温度效应增高。

关键词 土壤-植物-大气连续系统,热力学函数,偏摩尔自由能,偏摩尔 焓,偏 摩 尔 熵,水势

随着热力学的广泛应用,水分研究逐渐进入以能量为基础的领域。用热力学函数表述水分能量水平和状况,可以统一应用于土壤-植物-大气,处理它们之间水分运动的关系。国内外关于SPAC的研究大多属于水势方面的报道^[1-4],而对SPAC的水分热力学函数研究极少。我们在小麦、玉米苗期SPAC水分热力学函数研究基础上,对冬小麦不同生育期、不同水分状况(正常灌水和干旱处理)下SPAC水分热力学函数特征作了进一步的研究。

1 材料和方法

本实验采用盆栽法,盆钵采用上口径23cm,下口径16cm的塑料容器,土壤为我校 农一站的红油土,土样风干过筛,装入盆钵中,土壤深度为22cm,容重1.4g/cm³并施 用尿素和过磷酸钙,灌水。将"79107"小麦播于土中。当长出7片叶子时,选取6盆生 长一致的小麦,调节土壤水分使其含水量相同,插入张力计,张力计陶土头(ϕ 13mm) 的中心位置在11cm处。每3盆为一组,分别放在有日光灯的2个恒温培养箱内,苗期 温度控制为5°C和10°C。平衡24h,观测土壤水势、土壤含水量、叶水势、大气相对湿 度。拔节期在次年4月上旬测定,测定项目同上,温度分别控制为15°C和20°C。扬花 期在次年5月上旬进行,温度分别控制在25°C和30°C。测定项目同上。

一同时在苗期、拔节期、扬花期各取6盆小麦,让其自然干燥。当植物将要萎蔫时, 放入恒温培养箱中,温度控制和测定项目同上。

文稿收到日期: 1989-09-13

[•]国家自然科学基金资助项目。

张富仓同志为试验提供条件并给予帮助。

叶水势用压力室测定;用干湿球温度计测定大气相对湿度;正常灌水条件下土壤水势用水银张力计测定,干旱条件下用土壤压力膜测定。

土壤水分特征曲线用压力膜测定时,选用高为1cm直径为5.5cm的环刀,按1.4g/cm³ 装好土样,重复6次,放入压力锅内,置恒温培养箱内,于5,10,15,20,25,30°C 下测定土壤含水量和土壤水基模势。以土壤含水量为横坐标,土壤水基模势为纵坐标 作出不同温度下的土壤水分特征曲线(见下图)。



2 结果与分析

2.1 不同水分状况下SPAC水分热力学函数变化的特点

在冬小麦苗期、拔节期、扬花期3个生育期,给予两种不同的水分处理(正常灌水 和干旱)结果见表1、表2。从3种热力学函数表现的规律看,无论在正常灌水或干旱 条件下,冬小麦不同发育时期均表现出:土壤水的偏摩尔自由能>植物水的偏摩尔自由 能>大气水的偏摩尔自由能。偏摩尔熵表现为:大气水的偏摩尔熵>土壤水的 偏 摩 尔 熵>植物水的偏摩尔熵。偏摩尔焓表现出和熵相同的规律。这些规律均与过去研究结果 相同^[8]。表1和表2相比,在正常灌水条件下,不同生育期中土壤水的偏摩尔自由能 比较接近,而干旱条件下土壤水的偏摩尔自由能变化幅度较大。正常灌水条件下植物水 的偏摩尔自由能随着小麦生长发育由苗期经拔节期到扬花期逐渐降低。例如苗期偏摩尔 自由能为-3.15J/mol;拔节期-5.238J/mol,扬花期-10.98J/mol。干旱条件下植物 水的偏摩尔自由能随生长发育进程仍呈降低趋势。这是由于小麦的生长使叶面积增大, 温度升高引起蒸腾速率升高,由于蒸腾面积和蒸腾速率增大,植物耗水加剧,自由水含量

					表] 正	常湛水条件下9	SPAC水分费	仇学函数				
ŧ	嚫	土壤含	大气相	4	.11	承	萆		¢¢	к	1	
會	更 い い	水遺い、	 茨 赐 鲁	ΔG	$\Delta \overline{H}$	$\Delta \overline{S}$	$\Delta \vec{G}$	ΔĤ	$\Delta \overline{S}$	$\Delta \vec{G}$	$\Delta \widetilde{H}$	ΔS
F.			(%) (%)	(l∕mol)	(J/mol)	(J∕k•mol)	(J/mol)	(J/mol)	(J⁄k•mol	(J⁄mol)	(l/mol)	(J⁄k•mol)
哲	2	20.4	61	- 0.6678	-5,1714		- 5,688	-146,8008	0 5076	- 924.7968	1965.4858	10 3967
魌	10	20.6	66	- 0,5868	-5.1714	- 0°0102	- 3,150	- 146.8008	• /ne*n -	- 976,7821	1965.4861	1000 01
拔	15	23,31	87	- 0.5814	- 2,3381	1.00	- 7 • 092	- 113,8824	0076 0	- 333,1568	24595.9504	86 7501
下期	20	23,00	73	~ 0.5508	- 2,3381	1900.0-	- 5,238	- 113,8824	on /c •n -	- 765,9536	24595,9506	******
墢	25	21,12	84	- 0.6588	- 2,268		- 13,248	- 135.7848		- 431.5885	11116.745	90 J L 00
花期	30	21.00	78	- 0,6318	- 2.268	4000°0-	-10.890	- 135,7848	0°4110 -	-625.3524	11116.746	0761.000
					表 2	于旱条件下SP	AC水分热力]学函数				
升	睽	土壤合	大气相	-+1		凝	葅		络	¥	<u>ال</u>	
育期	度 ())	水蟲。(对湿度	$\Delta \overline{G}$	$\Delta \overline{H}$	ΔS	신전	$\Delta \overline{H}$	$\Delta \vec{S}$	$\Delta \overline{G}$	$\Delta \bar{H}$	∆ĪS
ε.			%%	(1×mol)	(l/mol)	(J∕k • mol)	(l/mol)	(J/mol)	(J∕k•mol)	(J/mol)	(J∕mol)	(J⁄k•mol)
搯	ß	12,	67	- 5.04	- 25.056	6 LQ Q	- 12,96	- 183, 096	619 0	- 924.7968	1965.4859	10 2067
崩	10	12	66	- 4 ,68	- 25,056	7 JA*A -	06*6 -	- 183,096	7T0 0 -	- 976 ,7803	1965.4848	1060 ° 01
拔 ‡	15	10.75	76	- 8,46	-39,564	0 1 A B	- 22,806	- 317,2572	FOCV F	- 656 5354	28542,3158	0100 101
<u>-</u> 玉 【	20	10,67	62	-7.92	- 39,564	0011-0	- 17.694	- 317,2572	- 1° 0774	-1163,4597	28542,316	6 700° 101
场共	25	11,06	76	-4.86	-90,684	000 0	- 17.676	-41.2776	0010	- 679,3319	25778,7769	3795 80
化机	30	11,06	64	- 3,42	-90,684	007°A -	-17.28	-41.2776	7610°n-	- 1123,2599	25778.7769	0.00/*00

第4期 高俊凤等:不同水分状况下SPAC水分热力学函数特征和水势温度效应 53

减少,使水分自由能降低。

至于偏摩尔熵($\Delta \overline{S}$)和偏摩尔焓($\Delta \overline{H}$)在正常灌水条件下(表1),土壤水的 偏摩尔熵是 $\Delta \overline{S}_{5678,48} > \Delta \overline{S}_{5678,48} > \Delta \overline{S}_{678,48} > \Delta \overline{S}_{678,48} > \Delta \overline{S}_{678,48} > \Delta \overline{S}_{567,48} > \Delta \overline{S}_$

无论在正常灌水或干旱条件下, 3个生育期中植物水分 ΔI 大小变化趋势 与 $\Delta \overline{S}$ 变化相同,两者绝对值亦呈极显著相关, r = 0.9951 (n = 6)。在正常灌水条件下,随着 小麦生长发育过程, ΔS 有增加的趋势。但在 干 旱 条 件 下,植 物 水 $\Delta S_{BH} > \Delta S_{BH}$ 期,当 小麦进入扬花期时,体内水分的 ΔS 有突然升高的现象。这可能是此期气温高 达 30°C,由于土壤严重缺水,蒸腾失水不能得到补充,致使体内各器官水分重新分配,原 有"有序结均"的水遭到急剧破坏,致使水分混乱度突然升高。

2.2 不同水分条件下水势的温度效应

从表3表4可见,不论正常灌水或干旱条件下,在同一生育期内(苗期、拔节期、 扬花期),随着温度升高,土壤水势、小麦叶水势均升高,而大气水势降低,这些与过 去研究的结果一致^[8]。在正常灌水条件下,无论是苗期、拔节期或扬花期,土壤水势 温度效应值小且相差较小。叶水势的温度效应值大,也比较接近。而干旱条件下不同生育 期土壤、植物水势的温度效应值相差较大,与正常灌水条件相比相差很大。如扬花期土 壤水势的温度效应为正常灌水条件下土壤水势温度效应的53倍,拔节期叶水势温度效应 为正常灌水条件下叶水势温度效应的2.7倍。这表明在含水量较低时,温度对水势的影 响尤为明显。干旱条件下随温度升高植物受旱加剧,但从温度升高可提高土壤、植物水 分有效性的角度出发,则具有一定缓解植物受旱的作用,对此也不应忽视。

生育期	温	土壤	土	壞	植	物	大	4 T
	度(パワ)	水		温度效应	叶水势 温度效应	温度效应	水势	温度效应
		(%)	(bar)	(bar/°C)	(bar)	(bar/ °C)	(bar)	(bar/°C)
曲	5	20.40	-0.371	0.00	- 3,16	0 282	- 513.776	E 776
期	10	20.06	- 0.326	0.009	-1.75	0.202	- 542,656	- J. / / U
拔	15	23,31	- 0,323	0.002/	- 3,94	0 206	- 185.087	4. 000
节期	20	23,00	-0,306	0.0034	- 2,91	0.200	- 425.530	-48,089
扬	25	21,12	- 0,366	0.003	-7.36	0.262	- 239.771	91 590
花期	30	21.00	-0,351		-6.05		- 247.418	- 21,029

表3 正常灌水条件下水势的温度效应

生育期	温度、	上 壤 含 -	土 势水 (bar)	壞 温度效应	植	物 温度效应 (bar/°C)	大 水势 (bar)	气 温度效应 (bar/ ℃)	
		重 (%)		(bar/ °C)	(bar)				
苗	5	12	- 2,8	0.04	-7.2	0.24	- 513.776	-5 7750	
期	10	12	- 2.6	0.04	- 5,5	0,34	- 542.65	- 5,7759 57	
拔	15	10.75	- 4.7	A 06	- 12.67	0.568	- 364.74	19	
ヵ期	20	10.67	-4.4	V.00	- 9,83		- 646.36	- 50,3249 65	
扬	25	11.06	- 2.7	0.16	-9.82	0.044	- 377.40	66	
花期	30	11.06	-1.9		-9.6		- 624.03	- 09,3253 33	

表4 干旱条件下水势的温度效应

参考文献

- 1 娄成后等。作物栽培生理基础。科学出版社, 1980.58-61
- 2 张君常。运用能量概念研究土壤及生物科学是今后发展的必然趋势。陕西农业科学, J980, (6): 11-15
- 3 潭孝源。土壤一植物一大气连续体的水分传导。水利学报,1983(9),1-10
- 4 毛建华。土壤水势与土壤一植物一大气连续体系。天津农业科学,1984(2),8-13
- 5 张君常。土壤一植物一大气连续系统中水分能量运转平衡热力 学函数的初探。西北农学院学报,1983 (3):1-18
- 6 Kolaian J H, Low P F. Thermodynamic properties of water in suspensions of montmorillonite. Clays and clay minerals, 1962, 9, 71-84
- 7 白锦鳞等, 几种土壤吸附气态水的特性及其热力学函数的研究。土壤学报, 1988(2), 132-138
- 8 高俊凤等。SPAC水分热力学函数及幼苗各叶位水分状况。西北农业大学学报,1989,17(1): 34-38

Properties of Thermodynamic Functions and Effects of Temperature of Water Regimes in SPAC

Under Different Wates Regime

Gao Junfeng Bai Jinlin Zhang Yiping Lin Sichun (Northwestern Agricultural University)

Abstract Water potential in soil, plant and atmosphere was measured and the thermodynamics functions were then calculated in two different kinds of water treatments (normal irrigation and drought conditions) during the seedling, shooting and flowering stages of winter wheat. The results indicated that the values of $\Delta \overline{G}$ of soil water in different growing stages under proper water conditions were quite close while the varying margins of G under drought conditions were great. The values of $\Delta \overline{G}$ of plant water decreased graduallyw ith wheat growing and developing. The varying tendency of $\Delta \overline{H}$ of soil water and plant water was the same with that of $\Delta \overline{S}$ of soil water and plant water in three growing stages under either normal or drought water conditions. Both of them were correlated to each other obviously. Water potential of soil and plant leaves rose as temperature went up. When water content decreased, temperature effects upon water potential of soil and plant would increase.

Key words soil-plant-atmosphere-continuation, thermodynamic function, water potential, partical molar, free energy, partial molar enthalpy, partial molar entropy