

101-107

第25卷 第6期
1997年12月西北农业大学学报
Acta Univ. Agric. Boreali-occidentalisVol. 25 No. 6
Dec. 1997

土壤-植物连续系统肥水效应的初步探讨

梁圉社¹ 刘思春¹ 朱建楚² 张一平¹

(1 西北农业大学资源与环境科学系, 2 实验中心, 陕西杨凌 712100)

摘要 田间试验的昼夜定时观测发现, 不同肥力水平对土壤-植物连续系统水势有明显影响。在一定土壤含水量(200 g/kg 左右)下, 随着土壤肥力提高, 土壤水势有明显降低的趋势; 小麦叶片细胞渗透势降低, 小麦叶水势和叶片细胞的持水都有所提高。随着气温的升高, 土壤-植物体系水势梯度($\psi_s - \psi_p$)呈增大趋势。

关键词 土壤肥力, 植物肥水效应, 水势, 以肥调水
中图分类号 S158.3

关于土壤-植物连续系统水分运移的研究, 国内外虽有报道^[1,2], 但多属理论探讨或盆栽试验, 有关长期田间定位不同肥力水平对土壤-植物连续系统水分影响的研究, 尚少见报道。为此, 笔者利用肥料田间定位试验对土壤肥力与土壤-植物连续系统水势间的关系进行研究, 探讨两者间的变化规律, 为旱地农业提供依据。

1 材料和方法

所取土壤为西北农业大学农作一站的塋土, 基本性状和肥力水平如表1。供试小麦为小偃6号, 拔节期在不同肥力区各选2点, 在田间土壤含水量达200 g/kg左右, 插入张力计^[2,3], 深度20 cm, 平衡24 h后进行土壤、小麦水势及叶片组织含水量以及温度等的昼夜(24 h)定时观测, 各项测定重复4次; 叶水势用压力室法^[4]; 土壤温度用地温计; 叶片采样部位为倒2叶, 叶组织含水量、自由水、束缚水用马林契克法^[4]测定。

表1 供试土壤基本性状

土样及肥力	有机质 (%)	容重 (g/cm ³)	<0.01 mm 物理 性粘粒 (%)	孔隙度 (%)
CK 不施肥	0.682	1.42	26.92	49.0
I 只施化肥	0.867	1.40	35.71	48.78
II 施化肥+7.5 t/hm ² 有机肥	1.120	1.41	40.56	47.29
III 施化肥+40 t/hm ² 有机肥	1.540	1.39	46.97	46.89
IV 施化肥+75 t/hm ² 有机肥	2.051	1.38	52.08	45.56

2 结果和分析

2.1 不同肥力条件土壤水势的变化

2.1.1 不同肥力条件土壤水势的日变化 小麦拔节期在不同肥力田块昼夜定时观测, 结

收稿日期 1997-06-03

作者简介 梁圉社, 男, 1960年生, 实验师

果见表 2, 可以看出, 不同肥力水平土壤水势的日变化都表现出与对照相同的变化规律, 即随土温升高, 土壤水势随之增大, 当土壤温度最高时, 土壤水势相应达最大值, 然后随土壤温度降低而逐渐减小, 显示温度对土壤水势日变化的正效应作用。相关分析表明, 不同肥力水平温度与土壤水势间均达极显著正相关 ($r_{0.01}=0.9170$, $r_{CK}=0.9882^{**}$, $r_I=0.9923^{**}$, $r_{II}=0.9862^{**}$, $r_{III}=0.9829^{**}$, $r_N=0.9234^{**}$)。这是因为随着温度升高, 水的粘滞度和表面张力降低所致^[1,2]。土壤温度升高有助于提高土壤水分能量, 改善土壤水分的有效性。

表 2 土壤水势日变化及水势肥力效应

日期 (日/月)	观察 时间 (h)	土温 (°C)	CK		I		II		III		IV		含水量 (%)
			ψ (kPa)	$\Delta\psi_1/OM$ (kPa/g)	ψ (kPa)	$\Delta\psi_1/OM$ (kPa/g)	ψ (kPa)	$\Delta\psi_1/OM$ (kPa/g)	ψ (kPa)	$\Delta\psi_1/OM$ (kPa/g)	ψ (kPa)	$\Delta\psi_1/OM$ (kPa/g)	
10/3	10:00	8	-40.5	-42.9	13.0	-45.2	9.1	-47.2	4.8	-49.4	4.3	20.14	
19/3	14:00	14	-36.2	-38.8	14.1	-41.2	9.4	-43.3	5.0	-45.4	4.1	20.20	
	18:00	17	-32.3	-35.2	15.7	-37.3	8.3	-39.2	4.5	-42.0	5.4	20.26	
	22:00	12	-37.6	-40.2	14.1	-42.8	10.3	-44.8	4.8	-47.0	4.3	20.00	
20/3	2:00	9	-39.7	-42.2	13.5	-44.7	9.9	-46.7	4.8	-48.8	4.1	20.10	
	6:00	6	-41.7	-44.6	15.7	-46.8	8.7	-48.7	4.5	-51.6	5.7	19.96	

注: ψ 是土壤水势; $\Delta\psi_1/OM$ 是土壤肥力效应, $\Delta\psi_1$ 是相邻处理的土壤水势差值, OM 是相应处理土壤有机质含量的差值。

2.1.2 不同肥力条件对土壤水势的影响 从表 2 可以看出, 随着土壤肥力的提高土壤水势均降低, 说明高肥力土壤具有良好保水作用。由表 2 还可看出供试土壤水势肥力效应, 反映土壤水势的总趋势是随肥力提高而降低。表明土壤有机质含量增加一个单位, 高肥力土壤提高土壤水势值就小于低肥力土壤, 这就是在贫瘠土壤增施有机肥, 能保蓄土壤水分状况, 提高作物产量, 也即为“以肥调水”理论。

对土壤肥力与水势线性回归分析表明, 不同温度条件下土壤肥力(有机质)与水势间均呈极显著负相关 ($r_{6C}=-0.9613$, $r_{8C}=-0.9713$, $r_{9C}=-0.9691$, $r_{12C}=-0.9706$, $r_{14C}=-0.9748$, $r_{17C}=-0.9758$)。20°C 左右, 在一定土壤含水量下, 高肥区土壤水势明显小于低肥区(表 2), 这是由于含水量相同时, 高肥区土壤的团粒结构性好, 且有机质吸附水分, 使水分自由程度受限, 水分能量相对降低; 而低肥区土壤则相反。不同肥力条件下温度对土壤水势的影响则呈相反趋势。随着土壤肥力提高, 土壤水势温度效应 ($\Delta\psi_2/\Delta t$ 是土壤水势效应, $\Delta\psi_2$ 是指同一处理最高温度时水势与最低温度时水势的差值, Δt 是同一处理最高温度与最低温度之差) 增大 ($(\Delta\psi_2/\Delta t)_{CK}=0.85 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta\psi_2/\Delta t)_I=0.854 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta\psi_2/\Delta t)_{II}=0.860 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta\psi_2/\Delta t)_{III}=0.863 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta\psi_2/\Delta t)_N=0.87 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$)。这与土壤水势低时水势温度效应高的结论相符^[2]。

2.2 不同肥力水平植物水势变化

2.2.1 不同肥力条件小麦叶水势的日变化 由观测结果(表 3)可以看出, 在不同肥力条件下, 小麦叶水势的日变化与土壤水势日变化相反, 随气温升高, 叶水势降低, 当气温升达当天最高时, 叶水势降至最低值, 此后随气温的降低, 叶水势又逐渐升高。相关分析表明, 温度与叶水势间均呈极显著负相关 ($r_{0.01}=-0.917$, $r_{CK}=-0.9920^{**}$, $r_I=-0.9894^{**}$, $r_{II}=-0.9905^{**}$, $r_{III}=-0.9915^{**}$, $r_N=-0.9948^{**}$)。这是由于气温升高蒸

发力增强,蒸腾作用提高,单位时间损失水分增多,叶片组织含水量相对减少,叶水势降低所致^[1]。

表3 小麦叶水势的日变化及水势肥效应

日期 (日/月)	观察 时间 (h)	温度 (°C)	CK		I		II		III		IV	
			P (kPa)	$\Delta P/OM$ (kPa/g)	P (kPa)	$\Delta P/OM$ (kPa/g)	P (kPa)	$\Delta P/OM$ (kPa/g)	P (kPa)	$\Delta P/OM$ (kPa/g)	P (kPa)	$\Delta P/OM$ (kPa/g)
19/3	10:00	16	-745	-669	410	-632	116	-586	109	-508	152.6	
	14:00	21	-1126	-1056	378	-984	285	-887	230	-778	213.0	
	18:00	14	-625	-568	308	-512	221	-453	140	-412	80.2	
	22:00	8	-305	-272	178	-240	126	-208	76.2	-171	72.4	
20/3	22:00	6	-241	-215	141	-189	103	-149	95	-115	66.5	
	6:00	5	-206	-173	178	-136	146	-110	62	-86	47.0	

注: P 是小麦叶水势, $\Delta P/OM$ 指相邻处理的叶水势差值(ΔP)与相应处理土壤有机质含量差值(OM)之比值。

2.2.2 不同土壤肥力对小麦叶水势的影响 由表3可以看出,土壤肥力能明显提高小麦叶水势。回归分析表明,不同肥力土壤与小麦叶水势间均呈极显著负相关($r_{4C} = -0.9596$, $r_{6C} = -0.9925$, $r_{8C} = -0.9941$, $r_{14C} = -0.9698$, $r_{16C} = -0.9786$, $r_{21C} = -0.9953$)。小麦叶水势肥力效应($\Delta P/O$)随着土壤肥力降低而增强。表明土壤有机质含量增加一个单位,高肥区小麦提高叶水势值小于低肥区小麦。即随土壤肥力提高,植物水有效性相应增加,这说明施肥在一定程度上可缓解干旱对植物的威胁^[2]。

比较不同肥力条件小麦叶水势温度效应($(\Delta P/\Delta t)_{CK} = 57.5 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta P/\Delta t)_I = 55.2 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta P/\Delta t)_{II} = 53.0 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta P/\Delta t)_{III} = 48.6 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$, $(\Delta P/\Delta t)_N = 43.3 \text{ kPa/}^\circ\text{C}$ 。其中, $\Delta P/\Delta t$ 是指叶水势温度效应; ΔP 是同一处理最高温度和最低温度时的叶水势差值, Δt 是同一处理最高温度与最低温度的差值),可见,施有机肥的小麦叶水势温度效应都小于对照,且随土壤肥力提高,叶水势温度效应降低。

2.3 温度对土壤-植物连续系统水势梯度影响

表4 温度对土壤-植物连续系统水势梯度影响

温度 (°C)	CK			I			II			III			IV		
	ψ	P	$(\psi-P)$	ψ	P	$(\psi-P)$	ψ	P	$(\psi-P)$	ψ	P	$(\psi-P)$	ψ	P	$(\psi-P)$
6	-41.7	-206	164.3	-44.6	-173	128.4	-46.8	-136	89.2	-48.7	-110	61.3	-51.6	-86	34.4
9	-39.7	-241	201.3	-42.2	-215	172.8	-44.7	-189	144.3	-46.7	-149	102.3	-48.8	-115	66.2
12	-37.6	-305	267.4	-40.2	-272	231.8	-42.8	-240	197.2	-44.8	-208	163.2	-47.0	-171	124.0
17	-32.3	-625	597.7	-35.2	-568	532.8	-37.3	-512	474.7	-39.2	-453	413.8	-42.0	-412	370.0
8	-40.5	-745	704.5	-42.9	-669	626.1	-45.2	-632	586.8	-47.2	-586	538.8	-49.4	-508	458.6
14	-36.2	-1126	1089.8	-38.8	-1056	1017.2	-41.2	-984	942.8	-43.5	-887	843.7	-45.4	-778	732.6

注:表中 $\psi-P$ 为水势梯度。

由表4可知,在小麦拔节期,随气温升高土壤与植物间水势梯度($\psi-P$)呈增大趋势,而且白天大于夜晚。在不同肥力条件,土壤与植物间的水势梯度高肥区(IV) < 中肥区(III) < 低肥区(II) < 贫瘠土(I) < 对照(CK)。 $\psi-P$ 的大小是决定水分由土壤到植株叶片等器官动力的因素之一,所以,高肥区 $\psi-P$ 小时,水分由土壤运移到植株的动力较低,而低肥区 $\psi-P$ 大,水分运移动力相应较高,同一条件,在保证作物正常生长的情况下,高肥区单位时间运送到植株水分较中低肥区量少,这样造成水分损失少,体现了高肥区土壤保

水性,显示“以肥调水”的作用。

参 考 文 献

- 1 高俊凤,张一平,白锦麟等. 不同水分状况下 SPAC 水分热力学函数特征和水势温度效应. 西北农业大学学报, 1990, 18(1): 51~56
- 2 刘思春,张一平,高俊凤等. 不同肥力水平下土壤-植物-大气连续系统水势温度效应研究. 西北农业学报, 1996, 5(4): 19~53
- 3 朱祖祥编. 土壤学. 北京: 农业出版社, 1983
- 4 西北农业大学植物生理生化教研室编. 植物生理学实验指导. 西安: 陕西科学技术出版社, 1986
- 5 袁剑舫. 土壤水分特征曲线和土壤水分的滞后现象. 土壤学报, 1986, 23(1): 43~47

A Preliminary Study on the Effect of Water and Fertilizer on Soil-plant Continuum

Liang Quanshe¹ Liu Sichun¹ Zhu Jianchu² Zhang Yiping¹

(1 Department of Resources and Environmental Science; 2 Experimental Centre,
Northwestern Agricultural University, Yangling, Shaanxi, 712100)

Abstract Through continuous observation in field experiments, it was discovered that, with certain soil water content (200 g/kg or so), soil water potential and Osmosis potentials of wheat leaves decreased greatly, and water remained in leaf cells increased somewhat with soil fertility increment, and the water potential gradient in soil-plant continuum had a tendency to increase with temperature rise.

Key words soil fertility, water and fertilizer effect, water potential, water accumulation by fertilizer application

• 简 讯 •

杂种小麦育种获得新突破

由西北农业大学农学系张改生教授带领的课题组, 首次成功地将携有 Rfv1 基因的非 1BL/1RS 普通小麦与偏、粘、易、二角型 4 种不同胞质结合, 选育出偏、粘、易和二角型非 1BL/1RS 小麦新雄性不育系。育性特异性、恢复性遗传规律、胞质效应和质核互作专效性分析测定表明, 这 4 种异质新不育系不育性彻底、不育株率和不育度均达 100%。中试和生产示范资料表明, 用该不育系系配制的强优势组合, 一般可对照品种增产 15%~25% 以上。在省级鉴定会上, 与会专家一致认为该成果达到国际先进水平。

(温晓平 供稿)