

农田生态对土壤肥力的保护效应

吕家珑, 张一平, 王旭东, 汤代良, 化党领

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西杨凌 712100)

摘要: 长期定位试验研究表明, 休闲不利于土壤有机质含量的增加, 能促使胡敏酸能态降低, 分子变大、芳构化程度增大、向“老化”的方向发展; 休闲还使 G_2 型复合体向 G_1 型转化, 土壤酶活性降低, 生化作用强度增大, 总体肥力水平下降。因此, 农田生态系统对土壤肥力具有保护效应。

关键词: 定位试验; 农田生态; 休闲; 土壤肥力

Protective effect of agri-land ecosystem for soil fertility

LU Jia-Long, ZHANG Yi-Ping, WANG Xu-Dong, TANG Dai-Liang, HUA Dang-Ling

(College of Resources and Environment Science, Northwestern Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Shaanxi, Yangling 712100, China)

Abstract: Research of long-term fix-experiments showed that in the semi-arid area, the fallow was unfavourable to increase of soil organic matter content. It impelled to drop energy state, increase aromaticity extent and develop forward to aging of humic acid. Fallow made the soil composite aggregate change from G_2 to G_1 , decrease the activity of soil enzyme, increase the intensity of biochemistry action and decrease the level of total fertility. So, agri-land ecosystem had protective effect of soil fertility.

Key words: fix-experiment; agri-land ecosystem; fallow; soil fertility

文章编号: 1000-0933(2001)04-0613-04 中图分类号: S158 文献标识码: A

农田生态系统是一个具有一定结构、功能和自然调节机制的动态开放系统, 在作物群体内部及与土壤、大气环境之间不断地进行着能量交换、物质循环和信息传递, 构成了彼此之间相互联系、相互制约、相互依存的关系, 从而形成一个相对稳定的整体; 良好农田生态环境是实现农业持续发展的重要保证^[1,2]。因此, 探讨农田生态环境与土壤肥力的关系具有重要意义。本文通过定位试验休闲处理与其它处理作比较, 对此进行分析与讨论。

1 材料和方法

1.1 试验布置

本定位试验设置于陕西省杨凌西北农林科技大学, 土壤系 土。1977 年 10 月播种小麦试验开始, 持续至今。田间试验方案见表 1。试验小区面积 19.8m^2 , 小麦-玉米连作, 厩肥、玉米秸秆和过磷酸钙, 在每年冬小麦播前一次施用, 尿素每茬作物施 $225\text{kg}/\text{hm}^2$ 。休闲处理除不种作物外, 田间管理同其它处理。试验前供试土壤(试前土壤)有机质含量为 $14.0\text{g}/\text{kg}$, 全氮为 $0.89\text{g}/\text{kg}$, 全磷 $0.67\text{g}/\text{kg}$, 有效磷 $7.5\text{mg}/\text{kg}$, 碱解氮 $54.45\text{mg}/\text{kg}$ 。属中等肥力水平土壤。

1.2 分析测定

土壤样品采集时间均为每年 10 月(小麦播前), 土壤有机质、全氮、全磷、碱解氮和有效磷等含量均采用常规分析方法。胡敏酸样品用 $0.1\text{mol}/\text{L}$ 焦磷酸钠与 $0.1\text{mol}/\text{L}$ NaOH 混合液提取分离, 并经电渗析纯化至阴极室无酚酞反应, 低温干燥后备用。反映胡敏酸能态的等容燃料热用 GR 3500 型氧弹量热计测定; 差

基金项目: 国家自然科学基金重大项目(39790100)

收稿日期: 1999-09-08 修订日期: 1999-09-21

作者简介: 吕家珑(1962~), 男, 甘肃民乐人, 博士, 教授。主要从事土壤化学研究。

热(DTA)和微商热重(DTG)分析用岛津 DT-30B 型热分析仪测定,胡敏酸钠溶液的光密度(E_4, E_6)值按常法测定。

磷酸酶用磷酸苯二钠法;脲酶用奈氏比色法;过氧化氢酶用气量法;转化酶用滴定法;呼吸强度用 CO_2 法;纤维素分解强度用埋布片法(58d)。复合体研究采用胶散法。

表 1 试验方案
Table 1 Experiment plan

处理 Treatment	施肥种类 Kinds of fertilizer applied (kg/hm^2)			
	尿素 Urea	过磷酸钙 Super-phosphate	玉米 秸秆 Corn stalk	厩肥 Animal manure
无肥 Control	0	0	0	0
化肥 Fertilizer	450	525	0	0
休闲 Fallow	450	525	9375	0
低秸 Low corn stalk	450	525	9375	0
中秸 Middle corn stalk	450	525	18750	0
高秸 High corn stalk	450	525	37500	0
厩肥 Animal manure	450	525	0	37500

性”状态,它的土壤有机质含量却明显地低于低秸处理,甚至低于化肥处理呢?显然是由于休闲处理土壤裸露,处于非农田生态状态,缺乏植物荫蔽,直接接受气象因素(如:水、热、风、等)影响,土壤有机质矿化作用增强,因而“得不偿失”,导致土壤有机质含量降低。这表明,生长作物的农田生态条件对土壤肥力具有重要的保护效应。同时,对于长期处于自然状态下“风餐露宿”的土壤,实行少耕制或利用地表覆盖物降低气象因素的影响是维持土壤有机质平衡的有效途径^[1~4]。

2.1.2 土壤有机质能态的动态变化 能量是一切物质的属性;胡敏酸是腐殖质的主要组成成分,因此,对胡敏酸能态及芳构化度等的研究,有助于加强对腐殖质特性的认识^[5~7]。

对于不同施肥条件与年限对土壤胡敏酸能态及热解特性的影响进行了研究(表 1~表 4)。

由表 2 可知,休闲处理虽每年施用 $9375\text{kg}/\text{hm}^2$ 秸秆,在 4~10a 期间,土壤胡敏酸热值比施用等量秸秆的连作田仍呈现大幅度下降趋势,其差值高达 $1.418\text{kJ}/\text{g}$;而且,它的热值还低于无肥处理,土壤胡敏酸热值下降 $1.172\text{kJ}/\text{g}$,表明在无作物种植的生态条件下,空地休闲,土壤胡敏酸“老化”作用的速度更趋增强,所施秸秆量不足以抑制、减缓其“老化”速度。

ΔH 值愈大,表明土壤胡敏酸羧基含量多或缩合程度高,由表 3 可见,随年限增加,各处理 ΔH 增大;同时休闲处理焓变值(ΔH)明显地大于低秸处理,这与前述休闲处理土壤胡敏酸“老化”增强的结论相吻合。

表 4 可见,休闲处理土壤胡敏酸失重峰活化能较高。在一定温区范围内,活化能越高,表明胡敏酸芳香结构及官能团越稳定,裂解越困难。显示休闲处理土壤胡敏酸不仅缩合程度较高,且胡敏酸的稳定性增强。

随年限的增加,休闲处理土壤胡敏酸的失重峰活化能呈现明显升高的趋势,说明不种植作物处理土壤胡敏酸“老化”及稳定性增强的速度大于种植作物的处理。

土壤胡敏酸的数据值与分子大小成正相关。

表 5 表明,休闲处理的 E_4, E_6 值明显大于低秸,而小于无肥处理,进一步证实,种植作物可使土壤胡敏

2 结果与讨论

2.1 土壤有机质动态变化

2.1.1 土壤有机质含量的动态变化 1978~1998 年土壤有机质含量动态变化如图 1 所示。

由图 1 可知,长期施用一定量秸秆和化肥而不种作物处理(休闲)的土壤有机质含量呈消耗大于补充的趋势,21a 后平均含量为 $13.53\text{g}/\text{kg}$,比试验前下降 $0.47\text{g}/\text{kg}$,与无肥处理的土壤有机质平均含量($12.97\text{g}/\text{kg}$)相近,明显地低于施用秸秆和化肥量相同,但每年种植小麦和玉米的低秸处理(平均含量 $15.18\text{g}/\text{kg}$),甚至低于单施化肥处理的平均有机质含量($14.10\text{g}/\text{kg}$)。这就提出一个问题:为什么每年施入同样多的化肥和秸秆,休闲处理处于“休养生

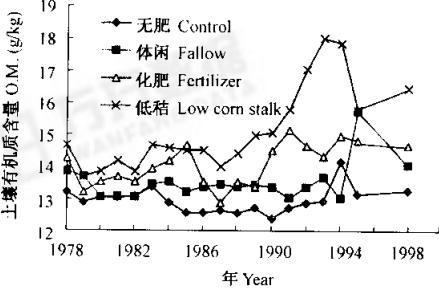


图 1 土壤有机质含量动态变化曲线
Fig.1 Kinetics curves of contents of soil organic matter

表 2 不同施肥条件土壤胡敏酸热值(能态)
Table 2 Caloric values(Energy state)of soil humic acids under different conditions of fertilization

处理 Treatment	热值(kJ/g) Caloric value	
	定位 4a Four years	定位 10a Ten years
无肥 Control	17.887	15.247
休闲 Fallow	17.762	14.075
低秸 Low corn stalk	—	15.493

表 3 不同施肥条件下土壤胡敏酸 DTA 曲线焓变值(ΔH)
Table 3 Eathalpy change value(ΔH) of DTA curves of soil humic acids under different conditions of fertilization

处理 Treatment	放热峰(定位 4a)(426~493 C) Exothermic peak(four years)		放热峰(定位 10a)(424~495 C) Exothermic peak(ten years)	
	峰温(C) ΔH (J/g) Peak temperature		峰温(C) Peak temperature	ΔH (J/g)
无肥 Control	462,493	2504.96	426,474	8397.88
休闲 Fallow	426	1947.7	447.485	7328.99
低秸 Low corn stalk	—	—	460	3890.38

表 4 不同施肥条件下土壤胡敏酸 DTG 曲线活化能(E_a)
Table 4 Activation energy(E_a) of DTG curves of soil humic acids under different conditions of fertilization

处理 Treatment	失重峰 Weight loss peak					
	定位 4a Four years (505~565 C)		定位 10a Ten years (466~522 C)		定位 10a Ten years (511~569 C)	
	峰温(C) Peak temperature	E_a (KJ/mol)	峰温(C) Peak temperature	E_a (KJ/mol)	峰温(C) Peak temperature	E_a (KJ/mol)
无肥 Control	555	62.59	478	166.47	527	135.36
休闲 Fallow	505	79.93	503	183.68	558	221.65
低秸 Low corn stalk	—	—	511	152.69	557	125.65

表 5 不同施肥条件土壤胡敏酸 E_4 及 E_6 值
Table 5 Values of E_4 and E_6 of soil humic acids under different conditions of fertilization

处理 Treatment	定位 4a Four years		定位 10a Ten years	
	E_4	E_6	E_4	E_6
无肥 Control	0.738	0.214	1.58	0.404
休闲 Fallow	0.764	0.222	1.41	0.373
低秸 Low corn stalk	—	—	1.39	0.343

2.2 土壤全磷含量的动态变化

从 1987~1995 年 6 次测定结果看(表 7),休闲处理的土壤全磷含量总是低于低秸处理,仅比无肥处理的高;显示作物不单纯是土壤养分“消耗者”;同时,通过作物根素对土壤无效磷的活化和吸收从而对保持土壤有效养分有较好的功效。

2.3 土壤酶活性及生物化学作用强度

汤代良等 1987 年对不同施肥处理土壤酶活性及生物化学作用强度测定结果(表 8)表明,与各施肥处

酸分子缩合度减小,能态升高,反映芳构化复杂程度及稳定性的焓变值较小,活化能较低等结论。2.1.3 土壤有机无机复合体的动态变化 1994 年 9 月对试验地土样进行复合体研究(表 6)。

G_0 组包括水分散的复合体和游离粘粒,含量随水分状况不同而变化;土壤由干变湿, G_0 组增加。 G_1 组是钙结合的复合体,是土壤中阴离子的主要载体,供应有效养分的主要源泉。 G_2 组是粘结较紧的水稳性复合体,是铁铝氧化物凝结的胶体。

由表 6 可知,不同施肥处理土壤水散性 G_0 组复合体是为化肥>无肥>休闲>高秸>厩肥;钙结合 G_1 组复合体休闲>厩肥>无肥>高秸>化肥,水稳性 G_2 组为高秸>厩肥>无肥>化肥>休闲。因此,休闲处理 G_1 组含量高,说明有效养分供应量较高; G_2 组复合体的减少是土壤肥力下降的表现。进一步显示农田生态系统在保持和提高土壤肥力上的积极作用^[8]。

理比较, 休闲处理脲酶、碱性磷酸酶、过氧化氢酶及转化酶活性都较低, 其中, 碱性磷酸酶和转化酶活性比无肥处理还低; 土壤酶活性是衡量土壤肥力的重要指标, 土壤总体酶活性高则土壤肥力即高, 而休闲地则显示土壤酶活性总体较低, 所以土壤肥力即低。但呼吸强度, 特别是纤维素分解强度在各处理中却最高。这必然导致土壤有机质分解矿化作用增强, 有机质含量降低。证实了前述休闲处理土壤有机质含量下降的必然趋势。相反, 种植作物的化肥等处理, 土壤酶活性较高, 而呼吸强度、纤维素分解强度却较低, 亦证实了生长作物的农田生态系统对土壤肥力性状的

表 6 各胶散组复合体的重量分布(g/kg)
Table 6 Weight distribution of complex of each colloidal dispersion group

处理 Treatment	G ₀	G ₁	G ₂
无肥 Control	180.8	191.2	73.7
化肥 Fertilizer	185.7	187.5	69.3
休闲 Fallow	179.2	206.5	56.5
高秸 High corn stalk	162.3	188.5	87.3
厩肥 Animal manure	153.5	197.7	78.8

的良好保护和调节作用。这与前人关于增施有机肥使酶活性增强的结论是同样的道理^[9~11]。

表 7 土壤全磷含量(g/kg)
Table 7 Contents of soil total phosphorus

处理 Treatment	1987	1989	1991	1993	1994	1995
无肥 Control	0.465	0.460	0.545	0.540	0.525	0.510
休闲 Fallow	0.558	0.554	0.628	0.612	0.606	0.596
低秸 Low corn stalk	0.650	0.560	0.650	0.640	0.586	0.620

表 8 土壤酶活性及生物化学作用强度
Table 8 Intensity of biochemical function and activity of soil enzyme

处理 Treatment	脲酶 Urease	碱性磷酸酶 Alkaline Phosphatase	H ₂ O ₂ 酶 H ₂ O ₂ enzyme	转化酶 Inversion enzyme	呼吸强度 Respiratory intensity	纤维素分解强度 Decomposition intensity of cellulose
无肥 Control	1030	138	2.64	1.99	0.508	29.0
化肥 Fallow	1510	184	4.95	1.38	0.613	48.9
休闲 Low corn stalk	1070	113	4.06	0.30	0.796	92.6
中秸 Middle corn stalk	1835	234	5.87	1.80	0.764	82.9
厩肥 Animal manure	1985	280	7.37	1.90	0.732	54.8

脲酶 Urease: NH₃-N μ g/g/24h $\cdot$ g $\cdot$ 37 $^{\circ}$ C; 碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase: Phenol- μ g/h $\cdot$ 5g $\cdot$ 37 $^{\circ}$ C; H₂O₂ 酶: H₂O₂ enzyme: Oxygen-ml/g $\cdot$ min $\cdot$ 37 $^{\circ}$ C; 转化酶: 葡萄糖 Inversion enzyme: glucose-mg/g $\cdot$ 24h $\cdot$ 37 $^{\circ}$ C; 呼吸强度 Respiratory intensity: CO₂mg/g $\cdot$ 24h $\cdot$ 28 $^{\circ}$ C; 纤维素分解强度 Decomposition intensity of cellulose: (%)。

参考文献

[1] 林葆, 林继雄, 李家康. 长期施肥的作物产量和土壤肥力变化. 北京: 中国农业科技出版社, 1996. 1~179.

[2] 吕家珑, 李祖荫. 旱地土壤培肥的研究. 西北农业大学学报, 1993, 21(增刊): 61~66.

[3] 张振江. 长期麦杆直接还田对作物产量和土壤肥力的影响. 土壤通报, 1998, 24(4): 359~363.

[4] Govi M, Francioso O, Ciavatta C, et al. Influence of long-term residue and fertilizer application on soil humic substances: A study by electrofocusing. Soil Science, 1992, 154(1): 8~13.

[5] 张一平, 白锦麟. 不同施肥条件下土壤胡敏酸能态的初步研究. 土壤学报, 1985, 22(1): 104~107.

[6] 白锦麟, 张一平. 陕西几种主要土壤胡敏酸能态及热分解特性的研究. 土壤学报, 1990, 27(2): 151~158.

[7] 赵高侠, 张一平, 白锦麟, 等. 不同施肥条件与年限对土壤胡敏酸能态及热分解特性的影响. 土壤学报, 1995, 32(3): 284~291.

[8] 化党领, 张一平. 施用有机肥对土壤及其有机无机复合体肥力因素的影响. 迈向二十一世纪的土壤与植物营养科学. 北京: 中国农业出版社, 1997. 156~160.

[9] 许月蓉. 不同施肥条件下潮土中微生物量及其活性. 土壤学报, 1995, 12(3): 349~352.

[10] 曹翠玉, 张亚丽, 沈其荣, 等. 有机肥料对黄潮土有效磷库的影响. 土壤, 1998, 5: 235~238.

[10] Brooks P C, Powelson D S and Jenkinson D S. Phosphorus in the soil microbial biomass. Soil Biol. Biochem. 1984, 16: 169~175.