

黄土区长期定位培肥试验对土壤肥力的影响

魏孝荣¹, 郝明德², 张春霞²

(1. 西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)
水利部

摘要: 旱地农田长期轮作有较好的培肥改土作用, 经过 17 年轮作, 各轮作系统土壤养分状况得到明显的改善。在轮作系统中引入豆科作物后, 土壤有机质、全氮、碱解氮含量显著增加, 但全磷和有效磷却有所降低; 当施入磷肥和有机肥后, 全磷和有效磷含量也有所增加, 所以豆科作物培肥应配施磷肥和有机肥。土壤养分状况因作物茬口不同而出现明显差异, 豆科作物茬口的土壤养分有显著的累加效应。

关键词: 旱地定位试验; 轮作与施肥; 土壤肥力

中图分类号: S 158.3 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2003) 01-0037-03

Effects of Rotation and Fertilization on Soil Fertility on Dry-land Area

WEI Xiao-rong¹, HAO Ming-de², ZHANG Chun-xia²

(College of Natural Resource and Environment, Northwestern Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: After 17 years fixed position of continuous applying fertilizer in rotation, the results show that Crop rotation in arid land could improve soil fertility and increase soil nutrients. Leguminous can increase the contents of soil organic matter, total N and available N, but total P and available P decreased. Total P and available P will increase only when organic fertilizer or phosphorus is applied. So it is suggested that in the course of leguminous plant fertilizing soil, phosphorus and organic fertilizer should be added. Different soil fertility was observed due to the different crops.

Key words: fixed position test on dry-land area; rotation and fertilization; soil fertility

长期定位试验是全面了解影响农田生态系统和土地生产力的各种因子及相互作用的重要场所。在许多情况下, 各因素之间的相互作用只能在数 10 年之后才能被正确认识。长期定位试验能够长期系统地研究土壤肥力演变和肥效的变化规律, 科学地评价轮作与施肥技术体系的效应, 长期轮作与施肥定位试验具有准确可靠的数字积累, 提供信息量大, 为农业持续发展提供了科学决策依据。黄土高原地区大部分土壤瘠薄, 肥力低下, 限制该地区作物产量的提高。培肥地力是实现该地区农业持续发展的关键措施。各种培肥措施对土壤肥力的长期影响更是土壤肥料学家关注的重点, 因此, 研究长期定位培肥对土壤肥力的影响尤为重要。本文对黄土高原旱地长期轮作与施肥对土壤肥力的影响进行研究, 以期为干旱半干旱地区合理施肥提供科学依据。

1 试验条件与研究方法

1.1 试验概况与试验设计

(见本期樊军“旱地长期轮作施肥对土壤肥力影响的定位研究”。

1.2 分析方法

采集 2000 年各种作物收获期各处理三个重复的混合土样, 自然风干, 分别过 1 mm 和 0.25 mm 筛, 以供测定。

测试项目为: 土壤有机质(重铬酸钾外加热法); 全 N(开氏定氮法); 全磷(酸溶—钼锑抗比色法); 速效氮(碱解扩散法); 有效磷(0.5MNaHCO₃ 浸提—钼锑抗比色法)^[1]。测定结果以风干样重表示。

* 收稿日期: 2002-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40171058); 中国科学院知识创新方向性项目(KZCX2-413); 国家科技攻关项目(2001BA508B18)。

作者简介: 魏孝荣(1978-), 男, 陕西武功人, 硕士研究生, 主要从事土壤作物营养与土壤化学方面的研究。

2 试验结果与分析

2.1 不同轮作系统对土壤养分的影响

合理的轮作制度是合理利用土地的主要措施。轮作可以调节土壤养分、水分,使用地和养地相结合,同时提高土壤肥力和土壤营养元素的利用效率。

表 1 不同轮作系统 17 年后的土壤肥力差异

轮作系统	有机质/ (g· kg ⁻¹)	全氮/ (g· kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg· kg ⁻¹)	全磷/ (g· kg ⁻¹)	有效磷/ (mg· kg ⁻¹)
小麦连作系统	12.24	0.87	65.80	0.79	12.16
小麦-玉米系统	12.23	0.87	63.98	0.78	12.16
小麦-红花草系统	13.72	0.94	79.26	0.73	8.84
小麦-豌豆系统	12.26	0.92	70.86	0.74	9.64

在同一施肥水平(NP)下,作物轮作可显著改善土壤养分,不同轮作系统对土壤养分的影响不同。有豆科作物或豆科牧草参与的轮作系统,土壤养分状况都得到明显的改善(表 1),由于豆科作物喜磷,吸收土壤磷素较多^[2],故有豆科作物参与的轮作系统,全磷和有效磷含量比小麦连作和小麦—玉米轮作系统的全磷和有效磷含量低。小麦—红花草轮作系统土壤有机质、全氮、碱解氮增加最为显著,全磷和有效磷的降低也最为显著,与小麦连作相比,有机质增加 12.1%,全氮增加 7.5%,碱解氮增加 20.5%,全磷减少 8.3%,有效磷减少 27.3%。在小麦—豌豆轮作系统全氮和碱解氮比小麦连作系统增加了 5.4%和 7.7%,全磷和有效磷减少了 6.6%和 20.7%。小麦—玉米轮作系统和小麦连作系统土壤养分状况差异不大。与试验开始时相比,各处理有机质增加了 1.73~3.22 g/kg,全氮增加了 0.30~0.37 g/kg,碱解氮增加了 26.98~42.26 mg/kg,有效磷增加了 6.84~10.16 mg/kg。有机质、全氮、碱解氮以小麦—红花草轮作系统增加最为显著,有效磷以小麦连作系统增加最多。

表 2 同一轮作系统不同作物茬口 17 年后土壤肥力差异

轮作系统	茬口	有机质/ (g· kg ⁻¹)	全氮/ (g· kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg· kg ⁻¹)	全磷/ (g· kg ⁻¹)	有效磷/ (mg· kg ⁻¹)
小麦- 苜蓿系统	苜蓿 4 年	13.38	1.01	77.40	0.71	5.81
	苜蓿 3 年	11.96	0.88	67.38	0.71	6.12
	苜蓿 2 年	11.76	0.88	65.80	0.68	3.70
小麦- 豌豆系统	豌豆	12.26	0.92	70.86	0.74	9.64
	小麦	11.58	0.86	65.19	0.76	12.97
小麦- 红花草系统	红花草	13.72	0.94	79.26	0.73	8.84
	小麦	13.38	0.91	74.22	0.74	14.58

2.2 轮作中不同作物茬口的土壤肥力差异

经 17 年种植后的同一轮作系统,土壤肥力状况因作物茬口不同出现较为明显的差异(表 2)。在小麦—豌豆轮作中,豌豆茬土壤有机质、全氮、碱解氮比小麦茬分别增加 5.9%、7.1%、8.7%,但全磷和有效磷却减少了 3.0%和 34.5%。在小麦—苜蓿轮作中,随着苜蓿种植年限的延长,土壤有机质、全氮含量增加,第 4 年比第 2 年的有机质增加 13.8%,全氮增加 14.9%,碱解氮增加 17.6%,而全磷和有效磷也有所增加,说明豆科作物茬口的土壤养分有显著的累加效应,在轮作倒茬中有利于地力恢复^[3,4]。在小麦—红花草轮作中,红花草茬比小麦茬有机质增加 2.5%,全氮增加

2.4%,碱解氮增加 6.8%,全磷和有效磷降低了 2.3%和 39.4%。上述结果表明,在轮作中引入豆科作物后,由于豆科作物的固氮作用增加了土壤氮素含量,但豆科作物对土壤磷素有较大的消耗,使土壤磷素有所降低。

表 3 同一连作系统不同施肥 17 年后的土壤肥力差异

连作系统	施肥系统	有机质/ (g· kg ⁻¹)	全氮/ (g· kg ⁻¹)	碱解氮/ (mg· kg ⁻¹)	全磷/ (g· kg ⁻¹)	有效磷/ (mg· kg ⁻¹)
苜蓿连 作系统	CK	12.78	0.93	76.49	0.68	3.86
	P	15.13	1.05	87.50	0.73	10.55
	NPM	18.33	1.24	95.16	0.79	16.11
小麦连作系统	CK	11.04	0.80	64.93	0.68	3.37
	P	11.16	0.78	58.87	0.80	26.47
	N	11.07	0.82	68.64	0.67	3.29
	M	15.71	1.07	82.71	0.77	27.40
	NP	12.24	0.87	65.80	0.79	12.16
	PM	15.42	1.05	79.16	0.86	39.16
	NM	15.84	1.08	86.14	0.76	25.96
	NPM	16.49	1.11	83.44	0.91	42.80

2.3 连作中施肥对土壤养分的影响

苜蓿连作中,NPM 处理比 CK 有机质增加了 5.55 g/kg,全氮增加了 0.31 g/kg,碱解氮增加了 18.67 mg/kg,全磷增加 0.11 g/kg,有效磷增加了 12.25 mg/kg(表 3)。在小麦连作中,单施氮肥,只增加土壤氮素含量,对土壤磷素消耗较大,磷素含量有所降低。单施磷肥,只增加土壤磷素含量,对土壤氮素消耗较大,氮素含量有所降低。氮磷肥配施,有利于作物的生长,土壤中的作物根系、残茬量明显增加,从而增加了耕层土壤有机物质积累量,土壤耕层的速效养分含量也有所增加,因此氮磷肥配施,有一定改善土壤养分状况的作用。单施有机肥或有机肥与氮、磷肥配施能显著增加土壤生物量碳、氮、磷和速效氮、磷含量^[6~10],提高养分有效性,培肥土壤。

2.4 轮作施肥对土壤养分的影响

通过比较同一轮作系统不同施肥处理的土壤肥力差异(表 4),发现氮磷肥配施比单施氮、磷肥能较好地改善土壤养分状况,而氮磷肥和有机肥配施效果更为明显。因为有机肥中的有机物质是构成土壤矿质—有机复合体的核心物质,对于改善土壤的理化性质有特殊作用,也是土壤养分的储藏库^[5]。有机肥与无机肥配施,促进了当季作物生长和增产,使有机物还田部分增多,增加了土壤的粗有机质含量;另一方面增加了土壤养分的积累,保证了充分的养分供应,形成了土壤养分的良性循环。小麦—豌豆轮作中 NPM 比 CK 有机质增加 6.33 g/kg,全氮增加了 0.36 g/kg,碱解氮增加了 26.78 mg/kg,全磷增加了 0.29 g/kg,有效磷增加了 37.29 mg/kg;小麦—玉米轮作中 NPM 处理有机质比 NP 处理增加了 5.47 g/kg,全氮增加了 0.51 g/kg,碱解氮增加了 27.08 mg/kg,全磷和有效磷增加了 0.16 g/kg 和 24.18 mg/kg。施入有机肥后,不但补充了玉米对地力的消耗,而且克服了豆科作物培肥地力耗磷的缺点。在有豆科作物参与的小麦—豌豆轮作中,施磷处理比对照有机质增加 0.79 g/kg,全氮增加 0.03 g/kg,碱解氮增加 2.28 mg/kg,全磷增加 0.21 g/kg,有效磷增加 20.55 mg/kg。可以看出,施用磷肥可以促进

豆科作物培肥土壤的效果, 还能补充豆科作物对土壤磷素的消耗。

表 4 同一轮作系统不同施肥处理 17 年后的土壤肥力差异

轮作系统	施肥系统	有机质/	全氮/	碱解氮/	全磷/	有效磷/
		O. M. (g · kg ⁻¹)	(g · kg ⁻¹)	(mg · kg ⁻¹)	(g · kg ⁻¹)	(mg · kg ⁻¹)
小麦- 豌豆系统	CK	10. 99	0. 79	75. 25	0. 64	2. 89
	P	11. 78	0. 82	77. 53	0. 85	23. 44
	NP	12. 26	0. 92	70. 86	0. 74	9. 64
	NPM	17. 32	1. 15	102. 03	0. 94	40. 18
小麦- 玉米系统	NP	12. 23	0. 87	63. 98	0. 78	12. 16
	NPM	17. 70	1. 38	91. 06	0. 93	36. 34

3 讨 论

(1) 旱地农田长期轮作有较好的培肥改土作用, 经过 17

参考文献:

[1] 中国土壤学会农业化学专业委员会. 土壤农业化学分析常规分析方法[M] . 北京: 科学出版社, 1984.
[2] 杨改河, 等. 旱区农业理论与实践[M] . 西安: 世界图书出版公司, 1993. 3. 191- 203.
[3] 党廷辉. 黄土旱塬区轮作培肥试验研究[J] . 土壤侵蚀与水土保持学报, 1998, 4(3): 44- 48.
[4] 杨平, 彭琳, 戴鸣钧. 渭北旱塬轮作施肥与土壤培肥试验[J] . 干旱地区农业研究. 1998, 16(1): 72- 77.
[5] 傅积平, 王遵亲. 土壤培肥与农业环境生态研究[M] . 北京: 科学出版社. 1992.
[6] Shen Qirong, Xu Shouming, Shi Rihe. Effect of incorporation of wheat straw and urea into soil on biomass nitrogen and nitrogen- supplying characteristics of paddy soil[J] . Pedosphere, 1993, 3(3): 201- 205.
[7] Ocio J A, Martinez J, Brockes P C. Contribution of straw -derived N to total microbial biomass N following incorporation of cereal straw to soil[J] . Soil Biol. Biochem. , 1991b, 23: 655- 659.
[8] 党廷辉, 张麦. 有机肥对黑垆土养分含量、形态及转化影响的定位研究[J] . 干旱地区农业研究, 1999, 17(4): 1- 4.
[9] 党廷辉, 彭琳, 戴鸣钧, 等. 旱塬长期施肥对冬小麦产量及土壤养分的影响[J] . 水土保持通报, 1999, 13(5): 78- 82.

(上接第 24 页)

表 5 四种处理的总耗水状况

深 度	基础水分	普通地膜	膜侧种植	双垄沟种植	宽膜种植
/cm	/mm	mm	Δ	mm	Δ
0~10	21. 3	9. 8	11. 5	10. 2	11. 1
10~20	28. 1	11. 1	17. 0	12. 0	16. 1
20~30	29. 1	12. 3	16. 7	12. 3	16. 8
30~40	22. 0	9. 5	12. 5	9. 0	13. 0
40~50	22. 0	9. 4	12. 6	9. 2	12. 8
50~60	23. 2	11. 1	12. 1	10. 9	12. 3
60~70	24. 3	14. 3	10. 0	12. 9	11. 4
70~80	24. 3	15. 2	9. 1	13. 9	10. 4
80~90	23. 2	15. 4	7. 8	14. 0	9. 2
90~100	21. 4	15. 3	6. 1	14. 7	6. 7
100~120	35. 1	29. 4	5. 6	28. 4	6. 7
120~140	33. 5	28. 7	4. 8	29. 2	4. 3
140~160	32. 7	30. 9	1. 8	30. 1	2. 6
160~180	32. 7	31. 6	1. 1	30. 3	2. 4
180~200	33. 2	31. 6	1. 6	30. 0	3. 2
总耗水量/(mm)		130. 4		139. 0	123. 4
分生产率/(kg · mm ⁻¹)		23. 1		24. 3	26. 9

参考文献:

[1] 陶士珩, 王立祥, 杜世平. 起垄覆膜技术对降水生产潜力的增进机理研究[A] . 见: 抑蒸抗旱技术[M] . 北京: 气象出版社, 1996. 173- 179.
[2] 赵聚宝, 徐祝龄, 等. 中国北方旱地农田水分开发利用研究[M] . 北京: 中国农业出版社, 1996.

年轮作, 各轮作系统耕层土壤养分状况得到很好改善。在轮作系统中引入豆科作物后, 土壤有机质、全氮、碱解氮含量显著增加, 但全磷和有效磷却有所降低; 当施入磷肥和有机肥后, 全磷和有效磷含量也有所增加, 所以豆科作物培肥应配施磷肥和有机肥。土壤养分状况因作物茬口不同而出现明显差异, 豆科作物茬口的土壤养分有显著的累加效应。

(2) 不同施肥处理中, 单施氮、磷肥能显著增加土壤中氮、磷素养分的含量, 但同时也增加了作物对土壤磷、氮素养分的消耗, 不利于土壤养分的平衡。单施有机肥或有机肥与氮肥、磷肥配施可以提高土壤氮、磷素养分的含量, 而且能促进氮、磷素向有效态转化, 对于保持土壤养分基本平衡, 改善土壤养分状况, 提高有效性有显著作用。

* Δ= 基础水分- 本项水分。生育期有效降水量 257. 2 mm。米晚。说明在旱塬区, 能够抗御多变的恶劣气候因子的地膜玉米种植方式是地膜双垄沟种植或 140 cm 宽膜种植。

3 结论与讨论

通过品比试验, 初步认为豫玉 22 号、金穗 2001 可作为示范区的主栽品种。豫玉 22 号表现为株高、穗粗、穗粒数多、产量高; 金穗 2001 株高适中、穗粗、百粒重大, 青秆成熟, 平均 9 000 kg/hm² 以上。地膜玉米不同覆膜方式试验证实: 地膜双垄沟种植或 140 cm 宽膜种植, 是旱塬区抵御恶劣气候条件如春寒、伏旱、干热风的较好种植形式, 是高效利用土壤水分的种植形式, 是可以改善和提高穗粗、穗粒数、百粒重、穗粒重高产高效的种植形式。豫玉 22 号和金穗 2001 良种与双垄沟种植和 140 cm 宽膜种植配套, 将有效提高玉米产量和水分利用效率。