

小麦 压米带田土壤肥力变化及培肥*

II. 不同肥料对土壤养分含量变化的影响

张丽慧 金绍龄 李 隆 索东让 吴国菁 马永泰 孙宁科

(甘肃省农科院土肥所,兰州 730070)

(张掖地区农科所,张掖 734000)

摘 要 研究表明,单独施用无机肥料虽可保持带田高产,但只有与有机肥料配合时才能促进土壤有机质的积累;带田生产中氮肥损失率不低于42.1%~54.7%,说明改进施肥方法、提高氮肥利用率仍是带田合理施肥的关键;施用无机磷肥特别是与有机肥配合施用是提高土壤磷肥力的有效措施,可提高有机磷含量及其占总磷量的比例,提高无机磷中有效及缓效组分所占比例,降低难溶组分($\text{Ca}_{10}\text{-P}$, O-P)的比例;带田耗钾强度高,必须注意钾肥的投入。

关键词 带田,土壤培肥,土壤养分

中图分类号 S158.3, S344.2

在前文^[1]中,作者主要是以产量变化为依据,分析了不同处理土壤肥力变化的方向、程度,并由此提出了带田土壤培肥途径的基本看法。本文将从土壤养分的变化上对上述结果作进一步分析。

1 材料及方法

试验条件及设计参见文献〔1〕

土壤测定: 199年播种前每小区5点取样,1994年收获后4点取样,深度均为0~20和20~40 cm,然后按处理将3个重复分层合并,风干混匀,粉碎过筛。有机质含量用丘林法测定,全N开氏法,全P用酸溶钼锑抗比色法,碱解N用扩散法,速效PK分别用0.5 mol/L NaHCO_3 浸提、钼锑抗比色法和1 mol/L NH_4OAc 浸提、火焰光度法测定。

植株的采样及测定: 在成熟期随机取10株玉米,50株小麦,分籽粒及非籽粒两部分风干、粉碎、过筛。N用开氏法测定,P用三酸混合液消化、钼锑抗比色法测定,K用同一溶液消化、火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 土壤养分平衡状况

尽管土壤养分平衡是一个涉及范围很广的生态学问题^[2],但根据施肥所投入的养分量及作物地上部携出的养分量仍可估计出土壤养分平衡的基本状况和施用不同肥料对这一过程的影响。表1表明,除无肥区和单施有机肥区的土壤N处于亏损状态(负平衡)外,其余各处理均有盈余(正平衡),但必须指出,这里没有考虑氮的损失问题,其平衡仅是表

面现象。同样,未施磷肥的各处理,土壤 P 均为负平衡,而施用磷肥者均为正平衡。土壤 K 的平衡与 N、P 完全不同,不管施钾与否一概为负平衡,也就是说土壤 K 一直处于消耗过程中,这在高产带田土壤培肥中是不能不加以考虑的问题。

表 1 带田养分平衡状况 (1991~ 1994) kg /hm²

处理	总投入			总支出			平 衡		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
① CK	0	0	0	460.1	98.9	446.3	- 460.1	- 98.9	- 446.3
② N	2160.0	0	0	1048.4	125.9	874.7	1111.6	- 125.9	- 874.7
③ NP	2160.0	377.3	0	1164.8	169.2	1031.1	995.2	208.1	- 1031.1
④ NPK	2610.0	377.3	360.0	1251.0	192.8	1173.5	909.0	184.5	- 813.5
⑤ M	208.5	78.6	460.1	538.8	126.8	587.0	- 330.3	- 48.2	- 126.9
⑥ MN	2368.5	455.9	460.1	1226.6	161.0	1179.8	1141.9	- 82.4	- 719.7
⑦ MNP	2368.5	455.9	460.1	1280.7	200.7	1331.7	1087.8	255.2	- 871.6
⑧ MNPK	2368.5	455.9	820.1	1351.2	208.7	1369.7	1017.3	247.2	- 549.6
⑨ MNPKR	2368.5	455.9	820.1	1073.4	176.3	1218.0	1295.1	279.6	- 397.9
⑩ MNPKS	2368.5	455.9	820.1	1273.1	198.5	1255.1	1095.4	257.4	- 435.0
⑪ MNPKSR	2368.5	455.9	820.1	1105.2	191.0	1339.4	1263.3	264.9	- 519.3

2.2 不同处理对土壤养分变化的影响

本文的讨论仅限于耕层土壤 (0~ 20 cm) 的养分变化情况

2.2.1 有机质 由表 2 可见,施无机肥和单施有机肥者,土壤的有机质含量都有所降低,降低最甚者为 NPK 处理,由试验前的 20.8 g/kg 降为 15.2 g/kg,降低了 26.9%,其余依次为 CK> NP> N> M。在有机无机肥结合的 6 个处理中,除 MNPKSR 处理外,其余处理土壤有机质含量均有不同程度地增加。MNPKS 处理增加最多,由试验前的 19.5 g/kg 增加到 22.7 g/kg,增加了 16.4%。其余依次为 MNPK、MNPKR> MN> MNP。说明单独施用无机肥料不利于土壤有机质的积累。单独施用有机肥料则因肥料本身有机质含量甚低,还不足以补偿 4 年内土壤有机质的分解消耗,因而也不能增加其含量。只有有机肥与无机肥结合施用才能使土壤有机质含量有所提高。

表 2 耕层 (0~ 20 cm) 土壤养分含量的变化

处理号	有机质 (g/kg)		全 N (g/kg)		全 P (g/kg)		碱解 N (mg/kg)		速效 P (mg/kg)		速效 K (mg/kg)	
	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994
①	18.6	15.0	1.03	0.76	0.85	0.74	91	57	15	6	176	97
②	19.7	17.0	1.00	0.82	0.88	0.74	134	82	15	6	140	81
③	20.3	17.2	0.96	0.85	0.88	0.95	140	88	15	27	161	76
④	20.8	15.2	0.93	0.82	0.84	0.85	143	78	17	20	150	100
⑤	20.0	18.6	0.95	0.88	0.94	0.85	153	72	15	10	150	159
⑥	18.4	19.8	1.02	1.00	0.87	0.83	136	92	19	9	171	133
⑦	18.3	18.6	0.97	0.99	0.80	0.92	140	93	17	37	163	120
⑧	19.9	21.5	1.08	0.98	0.85	0.97	148	87	18	37	187	160
⑨	19.6	21.2	1.05	0.95	0.80	0.90	138	85	16	25	171	149
⑩	19.5	22.7	1.07	1.03	0.84	0.96	115	103	20	40	155	179
⑪	21.6	20.6	1.05	0.90	0.84	0.94	143	90	18	37	155	176

2.2.2 全 N 及碱解 N 分析结果表明,不管任何处理,历经 4 年试验之后,土壤全 N 含量

都有所降低,其中以不施任何肥料的处理降低最甚,比试验前降低了 26. 2% .碱解 N 含量的变化趋势与全 N 基本相同. 凡施氮肥者,土壤 N 的平衡均为正值,但土壤分析结果却与此相反. 其原因: 一是小麦 / 玉米带田对土壤 N 的消耗强度大,第 2 次分析是在带田收后,土壤碱解 N 经过生长季的消耗尚未得到恢复的情况下进行的;二是在当地土壤气候条件下,氮肥的损失 (包括渗漏及挥发) 比较严重,估计高达 42. 1% ~ 54. 7% .说明改进氮肥施用方法,提高氮肥利用率仍是带田合理施肥需要研究的一个重要问题

2. 2. 3 全 P 及速效 P 比较试验前后的测定结果,全 P 及速效 P 含量的变化趋势完全一致. 凡施磷肥者,土壤全 P 及速效 P 的含量均有所提高,提高的幅度分别为 1. 1% ~ 15% 和 17. 6% ~ 117. 6% ,其中以有机肥配合无机肥施用者提高幅度较大 (M N P K R 速效 P 例外),分别为 11. 9% ~ 15% 和 100. 0% ~ 117. 6% .不施磷肥者 (包括单独施用有机肥处理) 则都有所降低. 这种结果与土壤 P 平衡分析结果是一致的. 表明本试验所施磷肥的数量足以保持和提高带田土壤 P 肥力,且施用磷肥特别是有机肥与磷肥配合施用是提高带田土壤 P 肥力的有效措施

2. 2. 4 速效 K 表 3 土壤测定结果表明,除 M M N P K S 及 M N P K S R (处理⑤,⑩,⑪) 3 个处理的速效 K 含量有所增加外,其余处理与养分平衡计算结果基本一致. 单施有机肥速效 K 之所以提高,是由于该处理产量一直很低,耗 K 很少,而有机肥却能向土壤补充一定数量的 K 所致. M N P K S 和 M N P K S R (处理⑩,⑪) 处理速效 K 含量的提高,则与秸秆还田有关,因为作物地上部所吸收的 K 大部分都存留在茎秆中.

表 3 耕层 (0~ 20 cm) 土壤有机 P 与无机 P 比例的变化

处理	199 年播种前					1994 年收获后				
	P 含量 (mg / kg)			占总 P 的比例 (%)		P 含量 (mg / kg)			占总 P 的比例 (%)	
	总量	有机	无机	有机	无机	总量	有机	无机	有机	无机
①	877	180	697	20. 5	79. 5	804	160	644	19. 9	80. 1
②	902	170	732	18. 8	81. 2	762	150	612	19. 7	80. 3
③	825	180	645	21. 8	78. 2	803	90	713	11. 2	88. 8
④	775	160	615	20. 6	79. 4	804	100	704	12. 4	87. 6
⑤	822	180	642	21. 9	78. 1	846	190	656	22. 5	77. 5
⑥	856	190	666	22. 2	77. 8	836	190	646	22. 7	77. 3
⑦	790	140	650	17. 7	82. 3	779	160	619	20. 5	79. 5
⑧	786	140	646	17. 8	82. 2	718	140	578	19. 5	80. 5
⑨	715	130	585	18. 2	81. 8	724	140	584	19. 3	80. 7
⑩	743	150	593	20. 2	79. 8	797	150	647	18. 8	81. 2
⑪	701	140	561	20. 0	80. 0	791	200	591	25. 3	74. 7

2. 3 土壤 P 组成的变化

2. 3. 1 有机 P 由表 3 可见,不施肥料或者只施无机磷肥的处理,土壤有机 P 的分解过程超过积累过程,含量普遍下降;施用有机肥和有机无机肥配合施用的处理,土壤有机 P 的含量则有所提高,或者与试验前持平. 从有机 P 占总 P 的比例来看,变化趋势与含量变化基本一致

2. 3. 2 无机 P 无机 P 是该试验地土壤 p 的主要组成部分,约占总 P 的 80% .无机 P 含量的变化受无机磷肥的影响较大. 不施无机磷肥的处理,如 CK 和 N (处理①和②),在 4 年

之后,土壤无机 P 含量均有所下降,施用无机 P 肥者 ③ N P,④ N P K)则都有所增加。但有机肥与无机肥配合施用,大部分处理土壤无机 P 含量都不如试验前高,这是由于这些处理产量高,加速了无机 P 向有机 P 的转化所致。这种转化的主要归宿是作物体,作物体的地上部分被收获后,根、残茬及落叶中的有机 P 依然保留在土壤中,结果土壤有机 P 含量增加,占总 P 的比例也有所提高,无机 P 含量相对减少,占总 P 的比例也相应下降(表 3)。

根据顾益初和蒋柏藩介绍的方法^[3],对土壤无机 P 进行了分级测定(表 4)。结果表明,凡施用无机磷肥或施用有机肥料者,Ca₂-P 含量明显增加,试验前为 10~ 12 mg/kg,4 年后达 14~ 26 mg/kg;凡施用无机磷肥者,Ca₈-P 含量明显增加,试验前为 49~ 74 mg/kg,4 年后为 66~ 92 mg/kg(表 4)。由于含量增加,其在无机 P 中所占比例也相应提高。Ca₂-P 的比例由试验前的 1.53%~ 1.83% 提高到 2.66%~ 4.50%;Ca₈-P 的比例由 8.38%~ 11.46% 提高到 11.30%~ 15.22%。其它处理 Ca₂-P 及 Ca₈-P 的含量及比例则都有降低(表 5)。Ca₁₀-P 的含量及比例只是在有机肥与无机磷肥结合施用的情况下才有所降低,而在其余处理中均增高,说明有机肥在土壤无机 P 的活化过程中起了一定作用。Fe-P 和 Al-P 的变化趋势完全一致:施用无机磷肥或无机磷肥加有机肥者,Fe-P 和 Al-P 的含量及占无机 P 的比例均有增加,未施者 ① CK,② N,③ M,④ M N)则都有减少。不管施肥与否,也不管施用什么肥料及肥料组合,闭蓄态 P(即 O-P)的含量及比例均有明显降低,其原因尚需进一步研究。

表 4 耕层(0~ 20 cm)土壤无机磷组成的变化 mg/kg

处理	Ca ₂ -P		Ca ₈ -P		Ca ₁₀ -P		Al-P		Fe-P		O-P	
	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994
①	11	7	65	58	438	471	25	20	38	31	120	57
②	13	12	67	48	431	447	27	17	40	30	154	58
③	10	19	67	86	378	458	26	42	44	48	120	60
④	11	20	63	69	356	487	24	32	42	43	119	53
⑤	10	15	65	59	401	476	24	21	41	33	101	52
⑥	11	14	67	60	415	461	26	20	38	35	109	56
⑦	12	26	68	85	397	354	26	38	42	48	105	68
⑧	11	26	74	88	388	358	26	38	40	50	107	64
⑨	10	16	49	66	393	365	23	29	39	45	71	63
⑩	11	24	54	92	388	361	25	38	41	54	74	78
⑪	9	22	53	85	368	350	24	33	40	44	67	57

据研究^[4],在石灰性土壤中,Ca₂-P 型磷酸盐是最有效的,也是作物磷素营养的主要来源;Ca₈-P、Al-P 和 Fe-P 属缓效磷源;Ca₁₀-P 及 O-P 只是潜在磷源。1994 年的相关分析表明,无机 P 组分的这种有效性顺序在本试验中也得到清楚反映。如 Ca₂-P、Ca₈-P、Al-P 和 Fe-P 含量与土壤有效 P 含量的相关系数依次为 0.9183,0.9484,0.8966 和 0.9402,都达到了极显著水平。O-P 达显著水平(0.6906),Ca₁₀-P 与有效 P 之间则为负的相关关系,相关系数为 - 0.8323,达极显著水平。由此可以看出,在带田种植中,无机磷肥与有机肥料配合或施用无机磷肥都有利于土壤磷肥力的培育;不施无机磷肥也不施有机肥,则不仅会大量消耗土壤有效 P,而且会使总 P 量降低,危及土壤磷肥力的基础。

表 5 耕层土壤无机 P 各组分占无机 P 的比例 %

处理	Ca ₂ -P		Ca ₈ -P		Ca ₁₀ -P		Al-P		Fe-P		O-P	
	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994	1991	1994
①	1. 58	1. 09	9. 33	9. 01	62. 84	73. 14	3. 59	3. 11	5. 45	4. 81	17. 22	8. 85
②	1. 78	1. 96	9. 15	7. 84	58. 88	73. 04	3. 69	2. 78	5. 46	4. 90	21. 04	9. 48
③	1. 55	2. 66	10. 39	12. 06	58. 60	64. 24	4. 03	5. 89	6. 82	6. 73	18. 60	8. 42
④	1. 79	2. 84	10. 24	9. 80	57. 89	69. 18	3. 90	4. 54	6. 83	6. 11	19. 35	7. 53
⑤	1. 56	2. 29	10. 12	8. 99	62. 46	72. 56	3. 74	3. 20	6. 39	5. 03	15. 73	7. 93
⑥	1. 65	2. 17	10. 06	9. 29	62. 31	71. 36	3. 90	3. 10	5. 71	5. 42	16. 37	8. 67
⑦	1. 85	4. 20	10. 46	13. 73	61. 08	57. 19	4. 00	6. 14	6. 46	7. 75	16. 15	10. 99
⑧	1. 70	4. 50	11. 46	15. 22	60. 06	61. 94	4. 02	6. 57	6. 19	8. 65	16. 56	11. 07
⑨	1. 71	2. 74	8. 38	11. 30	67. 18	62. 50	3. 93	4. 97	6. 67	7. 71	12. 14	10. 79
⑩	1. 85	3. 71	9. 11	14. 22	65. 43	55. 80	4. 22	5. 87	6. 91	8. 35	12. 48	12. 06
⑪	1. 60	3. 72	9. 45	14. 38	65. 60	59. 22	4. 28	5. 58	7. 13	7. 45	11. 94	9. 64

3 结 论

- 1)虽然无机肥料是决定小麦 / 玉米带田产量的主要因素,但连续施用并不能保持和提高土壤有机质含量,只有无机肥料与有机肥料配合施用才可促进土壤有机质的积累
- 2)在无机肥料中,氮肥对带田产量有决定性作用,但年年施用氮肥,甚至施用氮肥加有机肥都未能使土壤氮素含量增加,主要原因是氮肥损失严重,说明改进氮肥施用方法,提高氮肥利用率仍是带田合理施肥面临的重要研究课题。
- 3)施用无机磷肥,特别是无机磷肥加有机肥是提高土壤磷肥力的主要措施,可使土壤有机 P 含量增加,提高无机 P 中有效及缓效组分的比例,降低难溶组分的比例
- 4)在带田生产中必须重视钾肥的投入,以减缓土壤 K 的消耗速度。

参 考 文 献

1 金绍龄,李 隆,张丽慧等.小麦 / 玉米带田土壤肥力变化及培肥I .肥力变化及各种肥料对作物产量的影响.西北农业大学学报,1996,24(5): 49~ 54

2 Karlovsky S. 农业生态系统中的养分循环以及植物对养分的利用(陆宝树译).土壤学进展,1992(4): 18~ 30

3 顾益初,蒋柏藩.石灰性土壤无机磷分级的测定方法.土壤,1990,22(2): 101~ 102

4 沈仁芳,蒋柏藩.石灰性土壤无机磷的形态分布及其有效性.土壤学报,1992,29(1): 80~ 86

Soil Fertility Change and Fertility Improvement
in Wheat / Maize Strip Intercropping

II . Effects of Different Fertilizers on Contents of Soil Nutrients

Zhang Lihui¹ Jin Shaoling¹ Li Long¹ Suo Dongrang²
Wu Guoqing² Ma Yongtai² Sun Ningke²

(¹ Institute of Soil and Fertilizer, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou, 730070)
(² Zhangye Research Institute of Agricultural Sciences, Zhangye, 734000)

maintain high yields of wheat/maize in strip intercropping. But to promote the accumulation of organic matters in soil, inorganic fertilizers should be applied in combination with organic fertilizer. The loss rate of N fertilizer in strip intercropping are no less than 42.1~54.7% suggested that the improvement of fertilizer application methods and increase of utilization ratio of N fertilizer are still a key problem in rational application of fertilizers in wheat/maize strip intercropping. Application of P fertilizer, especially combination of inorganic P fertilizer with organic fertilizer, is an effective practice to increase soil P fertility, which can increase the content of organic P in soil, increase the proportions of available, slowly available portions in inorganic P, and lower the proportion of hardly available portions. Application of K fertilizer is also important because of its heavy consumption.

Key words wheat/maize strip intercropping, soil fertility improvement, soil nutrients

《生物工程学报》变更邮发代号暨征订启事

刊号 $\frac{\text{ISSN } 1000-3061}{\text{CN } 11-1998}$ 邮发代号 82-13

《生物工程学报》是经国家科委批准于1985年2月创刊,由中国科学院微生物研究所和中国微生物学会主办,科学出版社出版的国家级学术刊物。国内外公开发行。它是反应我国生物技术基础理论及应用研究的新成果和新技术的综合性学术刊物。主要报道内容包括:基因工程、细胞工程、发酵工程、酶工程、生化工程及生物反应器等,栏目有:研究论文、简报及有关的会议和综述等。读者对象为国内外从事生物技术理论和应用研究的科研、教学、生产管理人员及相关专业的学生等。本刊还为美国Allerton出版公司提供英译稿件,同时出英文版中国生物工程学报(Chinese Journal of Biotechnology)。

本刊入选中国科学引文数据生物类核心期刊和中国自然科学核心期刊。曾获中国科学院优秀期刊奖,中国科学技术协会首届优秀学术期刊奖及中国编辑学会的四通奖。

《生物工程学报》信息量大,覆盖面宽,权威性强。1997年全部用胶版印刷,定价:14.50元/期,全年:58.00元。

编辑部地址:北京海淀区中关村中国科学院微生物所内。邮编:100080 电话:62554303

欢迎订阅 欢迎投稿