

砂姜黑土连续施肥对作物生长 及土壤肥力的影响*

张效朴 詹其厚 尹楚良

(中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

EFFECT OF CONTINUOUS APPLYING FERTILIZER ON CROP GROWTH AND SOIL FERTILITY IN VERTISOL

Zhang Xiao-pu Zhan Qi-hou Yin Chu-liang

(Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008)

关键词 砂姜黑土, 磷, 钾, 定位试验

中图分类号 S147

砂姜黑土是黄淮海平原主要中低产土壤之一, 以往的研究认为它缺 N、少 P 而富 K^[1], 因此施肥一般皆为 N、P 肥。随着近 10 多年来耕作施肥活动的加强, 土壤养分肥力已发生较大变化^[2]。本研究是通过连续施肥的定位试验, 探讨其 N、P、K 养分的持续供给能力。

1 试验材料与方法

田间试验设置在怀远县包集镇。供试田块土壤为砂姜黑土中的黄姜土属。其表层 30cm 内为暗灰色壤粘土, 其下为浅黄棕色壤粘土, 45cm 以下即为砂姜层。一般化学性质如表 1。这种土壤在淮北有较广泛的代表性。

表 1 供试土壤一般化学性质

pH (水土比 1:2.5)	有机质 (g/kg)	全氮 (N, g/kg)	全磷 (P ₂ O ₅ , g/kg)	全钾 (K ₂ O, g/kg)	速效磷 (P ₂ O ₅ , mg/kg)	速效钾 (K ₂ O, mg/kg)
6.78	14.0	0.91	0.96	17.0	24.9	136.0

鉴于本试验重点是探讨土壤 P 和 K 的持续能力及其肥料效应, 而 N 肥则是公认的作物高产必不可少的, 因此试验设 5 个处理(表 2)。小区面积 33m², 区间设 1m 宽隔离带, 小区随机排列, 重复 4 次。实行小麦—玉米轮作, 一年两季, 从 1992~1997 年连续试验 5 年, 计 10 季作物。

表2 试验处理

处理代号	肥料用量 (kg/ha)	施肥方法	
		小麦	玉米
1(CK)	0(不施肥)		
2(N)	N225	N肥80%基施,	
3(NP)	N225, P ₂ O ₅ 75	20%追施; P ₂ O ₅ ,	N肥基、追肥各50%,
4(NK)	N225, K ₂ O90	K ₂ O肥皆作基肥	P ₂ O ₅ 、K ₂ O肥皆作基肥
5(NPK)	N225, P ₂ O ₅ 75, K ₂ O90		

注: N肥用尿素; P肥用过磷酸钙; K肥用氯化钾。

2 结果与讨论

2.1 作物对 N、P、K 肥反应规律的变化

10季作物的产量结果统计后列于表3。可以看出,在中等肥力的砂姜黑土上,小麦和玉米对N、P、K肥的反应大致有如下规律:(1)不论是小麦还是玉米,N肥都是首先出现的、主导的增产因素,若连续三年不施N肥,作物难以生长;(2)在前4季,P肥主要只表现对小麦有较显著增产作用,对玉米基本无效;而K肥则主要表现对玉米有较显著增产效果;(3)从第5季始,P肥不仅对小麦的效应进一步扩大,田间已出现缺P症状,且对玉米也开始显效。从而表明,若连续两年不施P肥,必须增施P肥才能满足作物高产的需求;(4)同样,连续两年种植后,K肥不仅对玉米的效应进一步扩大,不施K肥的NP区已出现典型缺K症状,而且对小麦也开始显效。从而表明,这类土壤的K素持续能力即使对需K较少的小麦

表3 不同施肥处理对小麦—玉米籽粒产量的影响(kg/hm²)

处理	第一季 小麦		第二季 玉米		第三季 小麦		第四季 玉米		第五季 小麦	
	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x
CK	4977	352	3954	375	775	126	1102	208	628	196
N	5346	205	9343	603	3549	234	7957	288	2719	262
NP	5752*	132	9763	618	4084*	111	7833	268	4000*	234
NK	5664	79	10933**	457	3477	348	8566*	265	2856	357
NPK	5823**	75	11355**	168	4296**	53	8595*	426	4795**	231

处理	第六季 玉米		第七季 小麦		第八季 玉米		第九季 小麦		第十季 玉米	
	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x	\bar{x}	S _x
CK	406	40	1468	181	2466	340	1909	127	2623	439
N	6961	334	3172	283	4050	225	3912	394	6099	484
NP	7827*	511	6042**	507	3724	429	6076**	441	5809	1320
NK	8475**	98	2959	433	4375*	155	3750	855	7348*	258
NPK	9055**	393	6963**	468	4696**	225	7443**	354	9196**	202

注:用Duncan法进行了显著性测验;表中只给出了与单施N处理作对比的显著性程度;*P_{0.05}显著性,**P_{0.01}显著性。

也只能持续两年,随着种植季数的增加,将愈加显示增施 K 肥的必需性和迫切性。此外,表 3 还表明,不同处理的年产量是变化的,主要与不同年份的气候条件等因素有关。但是,唯 NPK 三要素配合的处理在试验 5 年后年单产仍能达到每公顷 15 吨以上。从而说明,为了实现吨粮田的持续,以往当地只施 NP 两种化肥而不施 K 肥及有机肥的习惯施肥法是必须改变的。

2.2 连续施肥对作物养分吸收的影响

2.2.1 不同处理对作物养分浓度的影响 表 4 给出了小麦和玉米各 4 季养分浓度的平均值。可以看出,凡有 N 处理者其籽粒和秸草的含 N 量皆显著高于对照区;有 P 处理的含 P 量皆高于不施 P 处理。对照区秸草中含 P 量反高于其它处理,估计是作物自身繁殖需吸收 P 素,却因 N 素缺乏,致籽粒形成受阻,从而使吸收的 P 素大部分滞留秸草所致。而施 K 处理两种作物都表现在秸草中 K 浓度显著提高,但籽粒的 K 浓度受施 K 影响较小,这是符合一般规律的。此外,对比两种作物又可看出,小麦籽粒中 N、P 含量皆高于玉米,尤其是 N 多高出 70% 左右,表明小麦籽粒的蛋白质营养价值远高于玉米。然而秸草中 N、P 含量规律却相反,玉米秸含 N 达 8.0g/kg,含 P_2O_5 2.0g/kg,而小麦秸秆分别只有 5.4g/kg 和 1.4g/kg。从而表明,作为牛饲料而言,玉米秸比小麦秸更富营养。

表4 不同处理对作物养分含量(g/kg)的影响(4季平均值)

作物	处理	籽粒			秸草		
		N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
小麦	CK(0)	17.4±0.9	9.0±1.2	4.4±0.6	3.6±1.6	2.5±1.6	9.7±0.9
	N	23.3±3.0	5.7±0.1	3.8±0.9	5.5±1.8	1.5±0.2	9.7±2.3
	NP	21.6±0.7	8.5±0.2	4.5±0.9	6.3±2.8	1.5±0.3	9.6±2.5
	NK	21.4±3.7	6.0±0.6	3.9±0.8	4.8±1.7	1.1±0.2	12.8±0.3
	NPK	21.9±2.2	8.3±0.9	4.1±0.3	5.1±1.4	1.6±0.4	13.1±1.9
玉米	CK(0)	11.7±1.7	6.4±0.9	4.1±0.4	6.6±1.5	4.9±2.8	8.8±1.3
	N	13.0±0.2	5.2±1.1	3.8±0.3	8.3±1.5	1.6±0.6	9.5±1.3
	NP	13.6±0.2	7.0±0.9	4.2±0.4	8.4±1.7	2.2±0.4	8.9±1.1
	NK	12.8±0.7	5.3±0.9	4.2±0.3	7.4±1.8	1.5±0.6	14.9±3.1
	NPK	13.2±0.9	7.1±0.9	4.4±0.5	7.8±0.9	2.5±0.8	12.7±3.4

2.2.2 养分收支平衡情况 根据生物产量及养分含量计算而得的养分吸收总量举例列于表 5 和表 6。可以看出,多数处理玉米对 N、P、K 的吸收总量皆高于小麦,尤以 K 更甚。

表5 不同处理下小麦的养分吸收状况(kg/hm²)

处理	1994年夏			1995年夏			1997年夏		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
CK(0)	18.4	11.2	14.8	14.7	8.8	11.4	35.2	17.4	28.4
N	111.0	26.4	57.2	83.4	18.8	41.0	90.6	25.5	44.4
NP	121.1	41.4	66.4	112.2	37.4	56.2	140.4	53.7	70.2
NK	109.8	26.8	72.4	90.3	21.2	60.8	87.9	22.8	55.8
NPK	121.4	47.0	83.6	131.1	48.2	82.6	165.6	60.6	105.9

表6 不同处理下玉米养分吸收状况(kg/hm²)

处理	1993年夏			1995年夏			1997年夏		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
CK(0)	61.5	58.4	54.9	17.0	12.8	15.8	43.0	18.4	40.5
N	143.1	61.4	69.6	138.8	41.7	74.4	104.0	28.1	75.9
NP	175.4	83.1	77.8	161.6	68.4	96.6	93.9	36.4	62.2
NK	175.8	77.4	124.6	165.3	53.4	163.8	113.8	34.5	117.0
NPK	192.0	100.8	122.6	187.2	93.8	172.2	152.6	65.4	120.0

从而表明,为了高产稳产,对玉米的 N 肥和 K 肥用量应高于小麦。至于 P 肥,由于玉米可利用小麦季的 P 肥后效,加之温度效应使玉米季的土壤有效 P 提高^[3,4],所以在 P 肥分配上应以小麦为主。

对比养分吸收总量与肥料施用量可知,NPK 处理最高一季玉米的吸 N 量相当于当季 N 肥用量的 85.3%,最高一季小麦的相应数值为 73.6%,若用差减法换算成 N 肥当季利用率,两者分别达 75.7% 和 57.9%,显然这是很高的 N 肥利用率^[5]。而磷肥的吸收量最高一季玉米竟超过当季肥料用量 25%,小麦最高一季相当于 P 肥用量 80.8%;又作物对 K 的吸收多数生长季皆超过 K 肥施用量。显然,P 和 K 的吸收总量中有相当一部分是由土壤提供的。总之,由于 P 肥在土壤中移动性小,后效较长,某些处理吸收的 P 一部分可能来自于前几季 P 肥的残留;但 K 却易流失,不但超过施肥量的部分必然来自于土壤本身 K 的释放,而随水流失的部分也必是由土壤释放所补充的。因此,本试验中每公顷 90kgK₂O 的用量在每公顷产 15 吨粮的条件下,必将造成土壤 K 的亏损。

2.3 连续施肥和种植对土壤养分含量的影响

土壤分析结果表明,连续施肥和种植 10 季后土壤农业化学性质有较大变化:(1)不施肥的对照区各种养分都明显下降,尤以速效 N、P、K 为明显;(2)凡施 N 处理,其土壤有机质、全 N 及碱解 N 含量基本与种植前相近;(3)施 P 处理,尤其是无 K 的 NP 处理全 P 含量略有上升,速效 P 则有较大幅度升高;而不施 P 的三处理速效磷含量则有大幅度下降(图 1)。从而表明,每公顷每季施 75kgP₂O₅即可维持土壤磷素肥力,又可满足 15 吨粮产量的需求;(4)不施 K 肥的各处理速效 K 大幅度下降,即使施 K 处理也有下降的趋势(图 2)。从

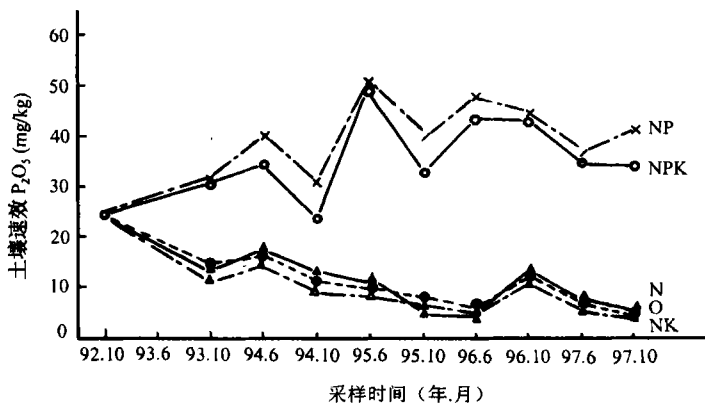


图1 不同处理下土壤速效磷含量的变化

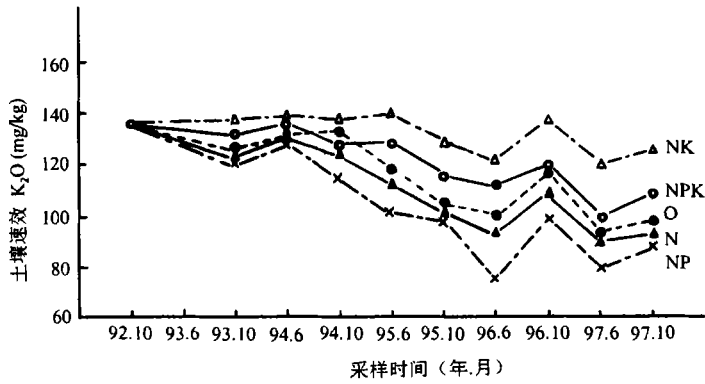


图2 不同处理下土壤速效钾含量的变化

而再次表明,每公顷每季施用 90kgK₂O 尚不能满足 15 吨粮产量的需要,而只能减轻或延缓土壤钾的耗竭程度。此外,对比作物产量差异显著时土壤速效 P、K 的分析值看出,玉米缺 K 的临界值应为 K₂O120mg/kg 左右;小麦为 K₂O100mg/kg 左右。而玉米缺 P 的临界值约为 P₂O₅10mg/kg 左右;小麦为 P₂O₅15mg/kg 左右。

参 考 文 献

1. 张俊民.论砂姜黑土的生产潜力和综合治理.见:砂姜黑土综合治理研究.合肥:安徽科技出版社,1988.2~12
2. 张效朴.主要作物均衡增产的营养调节对策.见:周明枞、姚培元主编:淮北地区水土资源开发与治理研究.北京:科学出版社,1992.61~73
3. 张效朴.淮北砂姜黑土的肥力特点与高产高效粮食生产的施肥管理技术研究.农业现代化研究,1996,17(4): 218~224
4. Singh BR.Plant availability of P at different temperature from previously heavily fertilizer soils. 15th world cong. Soil Sci., 1994 Vol.5b, 373~374
5. 张绍林,朱兆良,徐银华,黄泛区潮土—冬小麦系统中尿素的转化和化肥氮去向.核农学报,1989,3(1):9~15