

黑土农田养分供应能力和变化*

王建国 刘鸿翔

(中国科学院黑龙江农业现代化研究所, 哈尔滨 150040)

摘要

本文通过5年的定位试验研究表明: 松嫩平原典型黑土农田养分自然供给力N素为90%左右, P素为95%以上, K素达到100%。农田土壤中N素的释放量一般55—99kg / ha·a, P素的释放量一般14—26kg / ha·a, K素的释放量一般48—93kg / ha·a。尽管黑土农田潜在肥力很高, 对于施肥的依赖性也在不断增加。5年不施N, 其自然供给力由90%左右下降到60%左右; 不施P, 其自然供给力由95%以上下降到80—90%。

关键词 自然供给力, 释放量, 养分平衡

1 材料和方法

试验地设在中国科学院海伦农业生态实验站。土壤基本理化性状见表1。

试验分5个处理: (1)无肥区(CK)(2)NP(3)NK(4)PK(5)NPK; 化肥用量(kg / ha): N112.5, P(P₂O₅)45.0, K(K₂O)60.0; 试验设计: 田间试验采用小区随机排列, 4次重复。小区面积63m²(长15m、宽4.2m)。

作物品种: 玉米(东农248), 小麦(克旱13)。

土壤N、P、K养分测定方法为常规法^[1]。

表1 试验地基本农化性状(耕层20cm)

Table 1 The basic agrochemical properties of the experimental soils (0—20cm top soil)

有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾	
O.M.	Total	Total	Total	Available N	Available N	Available N	pH
(g / kg)	(g / kg)	(g / kg)	(g / kg)	(mg / kg)	(mg / kg)	(mg / kg)	
48.2	2.2	0.7	25.2	239.7	17.9	190.8	7.02

2 结果与分析

2.1 土壤养分与作物产量

尽管黑土潜在肥力高, 但施肥仍然能够显著提高作物产量(表2)。试验第一年, 小

* 本试验得到中国科学院南京土壤所鲁如坤先生的不断指导, 在此深表谢意。

收稿日期: 1995-08-28; 收到修改稿日期: 1996-12-03

表 2 各处理平均生物量 (干物质: kg/ha)

Table 2 Mean biomass (dry matter) in different treatments

年	作物	处 理	籽 实	秸 秆	根 茬	籽实产量5% 差异显著性检验	籽实相对 产量(%)
Year	Crop	Treatment	Grain	Stalk	Roots	5% significant difference in grain yield	Percentage in grain yield
1990	小麦	NP	3280.5	3855.0	1811.9	a	131.0
		NPK	3135.0	3720.0	1748.4	ab	125.1
		NK	3075.0	3555.0	1663.8	bc	122.8
		PK	2884.5	3330.0	1565.1	c	115.1
		CK	2505.0	2910.0	1367.1	d	100.0
1991	玉米	NPK	5869.5	7686.0	1921.5	a	122.6
		NK	5812.5	7872.0	1968.0	ab	121.4
		NP	5343.0	8125.5	2037.0	c	111.6
		CK	4786.5	7788.0	1947.0	d	100.0
		PK	4281.0	7680.0	1920.0	e	89.4
1992	小麦	NPK	3580.5	4152.0	1951.5	a	246.3
		NP	3325.5	3660.0	1720.0	b	228.8
		NK	3042.0	3394.5	1596.0	c	209.3
		CK	1453.5	1413.0	664.1	d	100.0
		PK	1413.0	1519.5	714.0	d	97.2
1993	小麦	NPK	3148.5	3973.5	1867.5	a	167.8
		NP	2950.5	3654.0	1717.5	b	157.2
		NK	2625.0	3301.5	1551.0	c	139.9
		CK	1876.5	2289.0	1075.5	d	100.0
		PK	1866.0	2406.0	1131.0	d	99.4
1994	玉米	NPK	7144.5	13704.0	3426.0	a	190.9
		NK	6574.5	11755.5	2938.5	b	175.7
		NP	5931.0	10582.5	2646.0	c	158.5
		PK	3999.0	6436.5	1609.5	d	106.8
		CK	3742.5	6063.0	1516.5	d	100.0

麦施用 NPK 肥, 比无肥区增产 25.1%。随着试验年限的增加, 施肥的增产幅度加大。第三年小麦 NPK 处理比无肥区增产 46%, 第四年增产 67%。

试验第二年, 玉米施用 NPK, 比无肥区增产 22.6%, 试验第五年, 其增产幅度提高到 90.9%。

2.2 黑土农田的养分自然供给力及变化

土壤养分自然供给力的概念是土壤在其它养分充分供应时, 不施某一养分, 土壤供

给的养分能够使作物产量达到全肥时产量的百分比, 有的称为土壤养分依赖率^[2]即

$$\text{土壤自然供给力} = \frac{\text{缺某元素时的产量}}{\text{全肥时的产量}} \times 100$$

通过这一概念能表示出土壤养分水平能与作物产量(籽粒)存在某种联系。根据本定

表 3 黑土养分自然供给力 (产量单位: kg/ha)

Table 3 Nutrient-supplying capacity of black soil (Yield: kg/ha)

无 N		无 P		无 K		全 肥	
No nitrogen		No phosphorus		No potassium		NPK	
产 量	相对%	产 量	相对%	产 量	相对%	产 量	相对%
Yield	Relative	Yield	Relative	Yield	Relative	Yield	Relative
Percentage		Percentage		Percentage		Percentage	
2884.5	92.0	3075.0	98.1	3280.5	104.5	3135.0	100

* 1990年定位试验第一年小麦

位试验第一年(小麦)的试验结果得到了黑土农田的养分自然供给力(表 3)。

本项试验表明, 在目前海伦黑土上, 不施 N, 也能达到全肥产量的 90% 以上, 不施 P, 能达到全肥产量的 95% 以上, 而土壤 K 可充分满足需要。

尽管松嫩平原黑土农田的潜在肥力很高, 但对于施肥的依赖性也在不断增加, 尤其是 N 肥和 P 肥, 也就是说在不施 N、P 的情况下, 农田土壤 N、P 养分的自然供给力下降了。

从表 4 可以看出, 5 年不施 N, N 素自然供给力由 92% 下降到 60% 左右。土壤 P 素的自然供给力从 98% 下降到 83% 左右。N 素自然供给力比 P 下降的快。

2.3 黑土农田的养分释放量

土壤养分释放量, 是指土壤在当地自然条件下, N 素的矿化量和 P、K 的释放量, 而它主要是根据定位试验不施某种养分时作物对该养分的吸收量占土壤耕

层中该养分总贮量的百分比来表示, 根据本专题所测定的作物养分含量(表 5)和作物生物干物质(表 2), 可以计算出本地农田土壤养分的释放量(表 6)。显然土壤养分释放量受土壤性质, 气候条件、耕作栽培方式和作物种类的影响而不同。从表 6 可知, 土壤 N 素的释放量一般 55.2—99.0kg / ha · a, 占土壤总 N 量的 1.1—2.0%; 土壤 P 素的释放量一般在 14.3—26.2kg / ha · a, 占土壤总 P 量的 0.9—1.7%; 土壤 K 素的释放量一般在 48.3—93.4kg / ha · a, 占土壤总 K 量的 0.08—0.15%。

2.4 不同处理土壤养分的变化

从耕层 20cm 土壤养分含量分析数据(表 7)看, 全量 N 和速效 N, 各处理都呈减少的

表 4 黑土农田养分自然供给力的变化 (%)

Table 4 Changes in nutrient-supplying capacity of black soil (%)

年 份	作 物	N	P
Year	Crop	Nitrogen	Phosphours
1990	小 麦	92.0	98.1
1991	玉 米	72.9	99.0
1992	小 麦	39.5	85.0
1993	小 麦	59.3	83.4
1994	玉 米	56.0	92.0

表5 各处理作物养分含量 (g/kg)

Table 5 Nutrient contents of crops in different treatments

作物 Crops	处理 Treatment	籽实 Grain			秸秆 Stalk			根茬 Roots		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
小 麦	CK	18.6	4.02	3.4	4.3	0.61	6.7	4.2	0.24	0.9
	NP	19.8	4.15	3.7	5.4	0.65	9.3	6.9	0.39	1.2
	NK	19.0	3.98	3.9	4.8	0.62	9.5	6.2	0.31	0.8
	PK	18.4	3.94	4.1	4.1	0.64	8.6	6.5	0.28	1.0
	NPK	21.2	4.19	4.4	5.2	0.65	10.2	7.1	0.41	1.4
玉 米	CK	11.1	2.57	2.8	5.2	0.56	6.8	5.3	0.60	4.3
	NP	11.3	3.11	2.9	6.8	1.03	7.0	6.5	0.62	5.0
	NK	13.1	2.88	3.3	6.6	0.70	7.3	6.0	0.61	4.9
	PK	12.9	3.02	3.1	4.9	0.92	7.4	6.2	0.58	4.6
	NPK	14.0	3.29	3.4	7.2	1.76	7.6	7.3	0.70	5.8

表6 黑土农田土壤养分释放量(kg/ ha · a)

Table 6 Amounts of soil nutrients released from black soil (kg/ha · a)

年 Year		1990	1991	1992	1993	1994	平 均	
作物 Crops		小 麦 Wheat	玉 米 Maize	小 麦 Wheat	小 麦 Wheat	玉 米 Maize	小 麦 Wheat	玉 米 Maize
无N区	吸N量	77.0	104.7	36.9	51.6	93.2	55.2	99.0
	占TN%	1.5	2.1	0.7	1.0	1.8	1.1	2.0
无P区	吸P量	15.0	23.4	14.8	13.0	28.9	14.3	26.2
	占TP%	0.95	1.48	0.94	0.81	1.81	0.90	1.65
无K区	吸K量	50.0	82.4	48.2	46.8	104.3	48.3	93.4
	占TK%	0.08	0.13	0.08	0.08	0.17	0.08	0.15

趋势, 其中无 N 区减量最多。全量 P 和速效态 P 的变化呈现较好的规律性, 凡是施 P 小区, P 的含量或保持不减或稍有增加的趋势, 而无 P 区 P 含量均减少。全量 K 和速效态 K 在大部分情况下有减少的趋向。

2.5 不同处理农田养分收支平衡状况

通过对不同处理区养分收支各分量的测定, 计算出各处理 5 年养分平衡状况(表 8)。

从表 8 可以看出, 各处理 N 素都是亏损的, 这同土壤养分分析数据总体规律是一致的, 但各处理间的对应关系不完全吻合, 这表明仅有 5 年的时间, 土壤全量 N 的变化很难测准。P 素的盈亏呈现很好的规律性, 凡施磷的处理, P 的收支平衡状况或盈余或基

表 7 土壤养分含量分析数据* (耕层20cm)

Table 7 Analysis data of soil nutrient contents (0—20cm top soil)

项目 Item	测定年份 Year of determination	CK	NP	NK	PK	NPK
全量N(g/ kg)	1990	2.20	2.20	2.20	2.20	2.20
	1994	2.02	2.04	2.08	2.00	2.09
	增减(±)	-0.18	-0.16	-0.12	-0.20	-0.11
全量P(g/ kg)	1990	0.70	0.70	0.70	0.70	0.70
	1994	0.65	0.72	0.64	0.73	0.70
	增减(±)	-0.05	+0.02	0.06	+0.03	0
全量K(g/ kg)	1990	25.2	25.2	25.2	25.2	25.2
	1994	21.3	21.2	25.3	25.3	21.6
	增减(±)	-3.9	-4.0	0.1	+0.1	-3.6
速效N(mg/ kg)	1990	239.7	239.7	239.7	239.7	239.7
	1994	193.8	210.3	195.9	184.9	205.3
	增减(±)	-45.9	-29.3	-43.8	-54.8	-34.4
速效P(mg/ kg)	1990	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9
	1994	15.72	18.75	14.34	18.90	17.59
	增减(±)	-2.18	+0.82	-3.56	+1.00	-0.31
速效K(mg/ kg)	1990	190.8	190.8	190.8	190.8	190.8
	1994	172.3	165.3	171.8	191.1	176.8
	增减(±)	-18.5	-25.5	-19.0	+0.3	-13.9

* 此数据为四次重复平均值; 1990年为基础肥力

表 8 各处理5年养分收支状况(单位: kg/ha)

Table 8 5-years nutrient balance of different treatments (unit: kg/ha)

处 理 Treatment	支出量 Output			收入量 Input			盈亏量 Balance		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
CK	335.1	62.0	198.8	71.0	8.3	20.9	-264.1	-53.7	-177.8
NP	572.1	105.7	332.8	385.4	105.9	32.4	-186.7	+0.26	-300.3
NK	566.7	94.7	344.9	378.3	7.7	81.0	-188.4	-87.0	-263.9
PK	363.3	69.1	237.4	83.6	103.7	72.5	-279.7	+34.6	-164.9
NPK	685.7	135.1	408.4	397.5	107.0	90.7	-288.2	-28.1	-317.8

本平衡或稍有亏缺, 这同 1994 年土壤分析数据的规律性基本吻合, 这也反映出磷素在黑土农田中具有较规律性的积累。各处理 K 素都是亏缺的, 产量越高, 施 K 越少, 亏损量越大, 但土壤分析数据并没有很好地反映这种变化, 这可能是作物利用了相当一部分

缓效性钾造成的。

就目前黑土农田肥力状况,在一定期限内养分平衡存在一定的赤字应该是允许的,也不会影响作物的产量,因为 N 素的自然供给力达到 90%,P 素达 95% 以上,K 素达 100%,也就是说 N 肥仅增产 10% 左右(定位试验第一年小麦),P 肥增产不到 5%,而 K 肥根本不增产。

3 结 语

松嫩平原典型黑土农田养分自然供给力 N 素为 90% 左右,P 素 95% 以上,K 素达到 100%。因此,从养分平衡角度讲 NPK 有某些赤字是允许的^[2],某些养分在当地并不增产时,要求农民投入大量化肥去追求养分平衡显然是不现实的。同时也必需注意到,尽管该地区土壤潜在肥力高,但对于施肥的依赖性也不断增加,即土壤中 N、P 养分的自然供给力呈下降的趋势,因此应该从总体上保持土壤养分的基本平衡,即无赤字平衡,以防止土壤肥力的下降。

参 考 文 献

1. 南京土壤所主编,1975:土壤理化分析,科学出版社。
2. 鲁如坤等,1996:我国典型地区农业生态系统养分循环和平衡研究 IV,农田养分平衡的评价方法和原则。土壤通报,第 27 卷 5 期,197、198—199 页。

STUDY ON NUTRIENT-SUPPLY CAPACITY OF BLACK SOIL AND ITS CHANGE

Wang Jianguo and Liu Hongxiang

(Heilongjiang Institute of Agricultural Modernization, CAS, Harbin 150040)

Summary

5-year-fixed experiments indicated that spontaneous nutrient-supplying capacities of typical black soil in Song Nen Plain were: nitrogen, around 90%; phosphorus, over 95%; and potassium, 100%. The amounts of N, P and K released from farmland were 55—99 kg / ha · year, 14—26 kg / ha · year and 48—93 kg / ha · year separately. Although black soil farmland has rather high potential fertility, its dependence on fertilization is rising gradually. The spontaneous supplying capacity of nitrogen decreased from 90% to 60% in the treatment with no nitrogen applying during the 5 years, and that of phosphorus declined from 95% to 80—90% in the treatment without phosphorus application during the 5 years.

Key words Spontaneous supply capacity, The amount of release, Nutrient balance.