

盐渍土利用过程中土壤磷素的累积与利用^①

郝晋珉^② 魏小静

(资源与环境学院)

牛灵安

(河北省邯郸农业学校)

摘要 通过对长期定位试验的研究测定,研究了盐渍土培肥过程中土壤磷素的收支平衡以及磷素累积及其形态。同时,探讨了盐渍土的磷肥利用率。结果表明,通过长期培肥特别是施用磷肥,土壤含磷量有较大幅度的提高,其中大量的磷素被转化为无效的 Ca_{10} -P,占无机磷总量的 48%。而提高氮肥使用量,合理氮磷配比,有助于降低无效态的 Ca_{10} -P 的比例。同时,表明作物对磷的需求能力并不因磷肥投入量增加而增加,在一定施磷水平以上,磷肥的利用率随磷肥投入量的增加而下降;合理氮磷配比,提高作物产量,有助于磷肥利用率的提高。

关键词 土壤磷; 磷肥利用率; 盐渍土

中图分类号 S153.61

Accumulation and Crop Recovery of Soil Phosphorus in the Use of Salt-Affected Soil

Hao Jinmin Wei Xiaojing

(College of Resources and Environment)

Niu Ling'an

(Handan Agricultural School)

Abstract The long-term experiments were conducted to investigate the balance, accumulation and forms of soil phosphorus and crop recovery of fertilizer P in the process of fertility improvement of salt-affected soil. The result indicated that soil P content increased significantly after the long-term fertilizer P application. A large proportion of P was transformed into unavailable form Ca_{10} -P, which accounted for 48% of total inorganic P. Increasing N fertilizer application rate and adjusting proportion N/P ratio could decrease the proportion of Ca_{10} -P form. Crop requirement to P did not increase with the increment of P fertilizer application rate. Above a certain P fertilizer application rate, crop recovery of fertilizer P decreased with the increment of P fertilizer application rate. Proper N/P ratio and high crop yield could increase crop recovery of fertilizer P.

Key words soil phosphorus; crop recovery of fertilizer P; salt-affected soil

土壤有效磷含量低是盐渍化低产土壤的特点之一。曲周试验区位于河北省曲周县北部,属半干旱半湿润季风气候,长期受旱涝碱咸综合危害,是典型的浅层咸水型盐渍化地区。盐渍土有效磷含量一般为 $2\sim 5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 少者仅有 $0.5\sim 1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,个别地块则近于零^[1]。

收稿日期 1996-04-29

①国家自然科学基金资助项目

②郝晋珉,北京圆明园西路2号中国农业大学(西校区),100094

所以在长期的盐渍化土壤改良和利用过程中,把施用磷肥提高土壤有效磷作为改良土壤,提高粮食产量的一项重要措施。生产实践中随着生产水平的不断提高,试验区磷肥施用量不断增加。这种情况一方面确实对试验区作物生长直到了巨大的作用;另一方面施用量的增加不仅加大了生产成本,同时,造成了肥料利用率的下降。本研究即是在长期定位试验的基础上,探讨长期施用化肥过程中土壤磷的积累与利用率。

1 试验材料与方法

1983年开始在曲周实验站进行了长期定位试验。试验共设9个处理,3次重复;处理分别为(1)对照,(2) N_1 ,(3) N_2 ,(4) P_2 ,(5) P_2 ,(6) N_1P_1 ,(7) N_1P_2 ,(8) N_2P_1 ,(9) N_2P_2 。其中: N_1 为亩施纯氮18 kg, N_2 为亩施纯氮36 kg, P_1 为亩施 P_2O_5 4.5 kg, P_2 为亩施 P_2O_5 9 kg,对照为空白。作物种植为一年两熟小麦-玉米轮作。氮肥在两季作物各一半;磷肥作为小麦底肥一次施入。测试方法:土壤无机磷的分级方法采用蒋柏藩石灰性土壤无机磷分级测定方法^[2]。土壤全磷的分析采用酸溶-钼锑抗比色法。

2 结果与分析

2.1 长期施用磷肥过程中的磷素平衡

长期施用磷肥过程中,磷素的平衡计算如表1。同时对多年土壤磷平衡结果测定列表如下:

表1 土壤含磷量平衡表(P_2O_5) $kg \cdot hm^{-2}$

序号	处理	土壤		平衡		土壤磷	
		投入量	输出量	平衡量	土壤有效磷*	固定量*	
1	CK	0	184.05	-184.05	24.75	861.9	
2	N_1	0	303.45	-303.45	24.45	880.65	
3	N_2	0	316.5	-316.5	25.35	922.65	
4	P_1	742.5	217.95	524.55	49.95	1 152.6	
5	P_2	1 485	235.5	1 257	92.25	1 338.15	
6	N_1P_1	742.5	510.45	232.05	33.15	931.2	
7	N_1P_2	1 485	504.45	988.05	81	1 238.25	
8	N_2P_1	742.5	579	163.5	40.65	995.85	
9	N_2P_2	1 485	620.7	871.8	73.65	1 347*	

* 1995-06 测定

从表1可以看出不施P的处理(包括CK, N_1 , N_2)中土壤磷平衡处于含量下降的趋势,且随着氮肥施用量的增加作物带走的P有所增加,从土壤实际测定看,无论有效磷,还是全磷,无明显的差异。单施磷的处理(P_1 , P_2)中,磷积累量随着施用量增加而明显增加,土壤测定结果也有同样的趋势。从上述5个处理结果比较可以看出,由于养分配比不合理,作物产量较低,所带走的磷较低,单施磷处理中,平衡增加的磷,多数被土壤所固定,固定态磷的含量有较大的增加。氮磷配合的4个处理,作物带走的磷含量明显增加 N_1 (N_1P_1 , N_1P_2)水平上,尽管磷肥施用量差1倍,但作物带走的磷并无太大的差异;而在 N_2 (N_2P_1 , N_2P_2)水平上作物带走的磷的差异明显增大;同时,可以看出 P_1 水平上,土壤中磷积累的幅度,特别是固

定态磷的增加幅度增加的幅度远低于 P_2 水平的处理。

2.2 磷素积累中磷的形态

供试土壤的磷素以无机磷为主,占全磷的 60%~80%以上,有机磷一般占 20%~40%^[4]。按蒋柏藩法,土壤无机磷分为 Al-P, Fe-P, O-P 和 Ca-P, 并将 Ca-P 进一步分为 Ca_2 -P, Ca_8 -P, Ca_{10} -P。现将土壤各种形态磷的测定结果列表如下(表 2)。由表 2 可以看出:

表 2 不同处理各种形态的磷测定结果

处理	Ca_2 -P		Ca_8 -P		Al-P		Fe-P		O-P		Ca_{10} -P		合计	
	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%	含量	%
	mg·kg ⁻¹													
CK	20.88	2.94	57.62	8.12	40.58	5.72	25.05	3.53	162.32	22.87	403.31	56.82	709.76	100
N_1	20.58	2.67	62.75	8.13	42.17	5.46	23.43	3.04	202.81	26.27	420.17	54.43	771.91	100
N_2	21.44	2.77	61.81	7.98	42.71	5.51	30.15	3.89	224.12	28.93	394.46	50.92	774.69	100
P_1	42.13	5.14	126.38	15.41	84.42	10.29	49.65	6.05	125.38	15.29	392.17	47.82	820.13	100
P_2	77.81	8.59	262.55	28.98	102.07	11.27	16.73	1.85	40.16	4.43	406.62	44.88	905.94	100
N_1P_1	28.03	3.36	88.11	10.54	51.36	6.14	17.29	2.07	251.75	30.12	399.28	47.77	835.82	100
N_1P_2	68.41	8.19	213.78	25.60	95.07	11.38	14.25	1.70	40.24	4.83	403.41	48.30	835.16	100
N_2P_1	34.27	4.18	106.32	12.96	62.85	7.66	15.05	1.83	225.68	27.52	376.13	45.85	820.30	100
N_2P_2	62.19	5.82	251.75	23.57	93.95	8.80	32.93	3.08	222.67	20.84	404.71	37.89	1068.2	100
平均	41.75	4.85	136.79	15.7	68.35	8.03	24.95	3	166.13	20.12	400.03	48.3	837.99	100

1) 供试土壤的无机磷组成以 Ca-P 为主,占无机磷的 69%,次之 O-P,占无机磷的 20%, Fe-P, Al-P 含量较低,而且比较相近,分别占 3%和 8%。2) Ca-P 组成以 Ca_{10} -P 为主,占无机磷的 48%, Ca_8 -P 次之,占无机磷的 16%, Ca_2 -P 最少,占无机磷的 5%,与速效磷含量相近。3) 该供试土壤中,各种形态的无机磷含量,综合起来,其规律为: Ca_{10} -P > O-P > Ca_8 -P > Al-P > Fe-P > Ca_2 -P。据沈仁芳,蒋柏藩等人的研究^[3],石灰性土壤中无机磷组成与土壤肥力有密切关系,其中 Ca_2 -P 和 Al-P 是最有效的, Ca_8 -P 和 Fe-P 是迟效态的, O-P 是微溶性的,而 Ca_{10} -P 是无效的,他们已用生物实验予以证实。本研究对不同施肥条件下土壤无机磷各级形态进行研究,随着长期施磷水平的提高土壤无机磷总量水平提高,不同处理中无机磷总量结果比较如下, $P_2N_2 > P_2 > N_1P_2 > N_1P_1 > N_2P_1 > N_2 > N_1 > CK$ 。在同一施磷水平,施氮水平的高低对土壤含磷量有明显的影响,具体表现为两方面的影响,其一,施氮量增加土壤无机磷含量水平有降低的趋势,产生的原因在于作物产量提高,带走的磷增加,其二,作物根茬归还量随施氮水平提高有所增加,使土壤含磷量增加。相反两个趋势的综合作用,产生了不同施氮水平上,土壤含磷差异的复杂性: P_1 水平上,无机磷总量 $N_1P_1 > N_2P_1 > P_1$,但含量接近,分别为 835.82 mg·kg⁻¹, 820.3 mg·kg⁻¹和 820.13 mg·kg⁻¹,而 Ca_{10} -P(难溶性磷)所占比例随着施氮水平的提高而降低, $N_2P_1 < N_1P_1 < P_1$,分别为 45.85%, 47.77%和 47.82%; P_2 水平上,无机磷总量 $P_2N_2 > P_2 > N_1P_2$,且含量差异较大分别 1068.2 mg·kg⁻¹, 905.94 mg·kg⁻¹和 835.16 mg·kg⁻¹,其中 N_2P_2 处理中总量明显增加,同时,难溶性的 Ca_{10} -P 所占的比例明显降低, Ca_2 -P 所占比例也有所降低,而缓效类的 Ca_8 -P 和 Fe-P 明显增加。

对于 Ca_2 -P 含量而言不同施磷水平上,其含量和各自所占比例明显差异: Ca_2 -P 含量表现为: CK、N 和 N_2 处在同一水平, P_2 、 N_1P_2 和 N_2P_2 处于同一水平,而 P_1 、 N_2P_1 和 N_1P_1 可归于一类。随着施磷水平的提高其含量明显增加。在 Ca_8 -P 中也有相类似的趋势。

表3 连续11年施磷的磷肥利用率 P_2O_5 $kg \cdot hm^{-2}$

处理	磷肥投入 总量	作物产出携带的 P_2O_5			磷肥利用率/%		
		小麦	玉米	合计	小麦	玉米	合计
P_1	742.5	92.55	125.4	217.95	12.46	16.89	29.35
P_2	1485	101.4	134.1	235.5	6.83	9.03	15.86
N_1P_1	742.5	227.7	282.75	510.45	30.67	38.08	68.75
N_1P_2	1485	233.25	271.2	504.45	15.71	18.26	33.97
N_2P_1	742.5	256.8	322.2	579	34.56	43.39	77.95
N_2P_2	1485	284.85	335.85	620.7	19.18	22.62	41.80

2.3 磷肥利用率

长期施用磷肥后表现出的磷肥利用率有较大的差异。从表3中可以看出单施磷没有氮肥的配合利用率极低,不足30%,特别是施用高量磷肥的处理利用率仅有16%。 P_1 水平的利用率在氮肥配合下,利用率可高达70%左右; P_2 水平的利用磷的总量有所增加,但利用率下降,这也反映出报酬递减的规律。

3 结论

1)含磷量较低的盐渍土经过长期的培肥,土壤含磷量有较大幅度的提高。随着磷肥施用量的增加,土壤中有效磷和全磷的累积量都有所增加,但氮磷配合合理时,磷的固定量相对降低。

2)土壤的磷素以无机磷为主,占全磷的60%~80%以上,而无机磷组成中又以Ca-P为主,占无机磷的69%,次之O-P,占无机磷的20%,Fe-P,Al-P含量较低,而且比较相近,分别占3%和8%。由于盐渍土的碱性环境,大量的磷素被转化为无效的 Ca_{10} -P,占无机磷的48%。因此,在盐渍土地区,大量施用磷肥必须有一定的限度。提高氮肥配比,有助于降低无效的 Ca_{10} -P的比例。

3)作物对磷的需求能力并不因磷肥投入量增加而增加,它是综合作用的结果,产量水平高对磷的需求能力就大,相反,投入磷量增加作物吸收磷的比例下降。在一定施磷水平以上,磷肥的利用率随磷肥投入量的增加而下降,合理氮磷配比,提高作物产量,有助于磷肥利用率的提高。

参 考 文 献

- 1 郝晋珉,李维炯.盐渍土肥力特征及其调控.土壤肥力研究进展.北京:中国科学技术出版社,1991.105~112
- 2 顾益初,蒋柏藩.石灰性土壤无机磷分级的测定方法.土壤,1990,101~110
- 3 蒋柏藩,沈仁芳.土壤无机磷分级的研究.土壤学进展,1990,(1),1~7
- 4 魏晓静,牛灵安,郝晋珉.长期定位试验中土壤磷的形态.盐渍化改造区农业综合持续发展,北京:中国农业科技出版社,1995.207~210