

文章编号:1003-8701(2009)02-0024-04

玉米(超)高产与普通生产田土壤 酸碱缓冲作用的研究

王楠^{1,2},赵兰坡¹,周彦明³,王帅^{1,3*},
任志成⁴,韩丽³,遇铁洁³

(1. 吉林农业大学 资源与环境学院,长春 130118 2. 吉林农业科技学院,吉林 132101;
3. 吉林市农业技术推广中心,吉林 132013 4. 永吉县一拉溪农业站,吉林 永吉 132203)

摘要:本文对吉林省桦甸、乾安、梨树和榆树等4个地区玉米(超)高产和普通生产田土壤的缓冲性能进行了初步研究。得出以下结论:①各酸碱缓冲曲线均呈似S形,有两个拐点,表现出敏感性不同的区段,桦甸和梨树普通生产田土壤的酸碱缓冲性均大于该地高产土,乾安和榆树普通生产田土壤的酸碱缓冲性均小于该地高产土,可见,4个地区土壤的酸碱缓冲性与其玉米产量没有绝对关系。②有机质含量、阳离子交换量和黏粒含量与缓冲容量呈正相关,而初始pH值与其呈负相关,即提高土壤有机质含量、阳离子交换量和黏粒含量,降低土壤pH值均有利于提高土壤的酸碱缓冲性能。

关键词:玉米;超高产;普通生产田;酸碱缓冲作用

中图分类号:S513

文献标识码:A

Studies on Acid-alkali Buffer Action of Super or High Yield and Ordinary Yield Maize Soil

WANG Nan^{1,2}, ZHAO Lan-po¹, ZHOU Yan-ming³, WANG Shuai^{1,3*}, REN Zhi-cheng⁴, HAN Li³, YU Tie-jie³

(1. College of Resources and Environmental Science, Jilin Agricultural University Changchun, 130118;
2. Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101; 3. Popularization Center of Agricultural Technology of Jilin City, Jilin 132013; 4. Yilaxi Agricultural Station of Yongji County, Yongji County 132203, China)

Abstract: The soil buffer action of super high yield and ordinary yield maize from the Jilin province's four areas included Huadian, Qian'an, Lishu and Yushu was studied. The results showed that all acid-alkali buffer curves assumed the counter-S shape, which have two inflection points and display the different sensitive sectors. The ordinary yield soil's buffer capacity from Huadian and Lishu were bigger than their high yield soils. On the contrary, acid-alkali buffer capacity of Qian'an and Yushu's ordinary yield soil was smaller than that of high yield soils. The Jilin Province soil's buffer capacity did not absolutely relate to its maize yield. The organic content, cation exchange capacity and physical clay content were positive related to the buffer capacity, but the initial pH value was negative correlated with it, that is to say, raising the soil organic content, cation exchange capacity, clay content and reducing the soil pH value is helpful to enhance its acid-alkali buffer capacity.

Key words: Maize; Super high yield; Ordinary yield; Acid-alkali buffer action

收稿日期:2008-08-25

作者简介:王楠(1982-),女,助教,硕士研究生,主要从事土壤肥力调控研究。

通讯作者:王帅,助理农艺师,E-mail:wangshuai419@126.com

近年来,盲目追求作物高产,不施有机肥且只施化肥,特别是硫酸铵、氯化钾和氯化铵等酸性或生理酸性肥料,由于水解作用,或因根毛吸收、交换出根毛表面的氢离子,或因铵、钾离子交换出土壤胶粒吸附的氢、铝离子,亦或 NH_4^+ 的硝化作用均能产生 H^+ 而使土壤变酸,土壤酸化现象的持续发生必然会危及吉林玉米带黑土的生态环境,从而威胁玉米的产量。土壤缓冲性可使土壤酸度保持在一定的范围内,避免因施肥、根的呼吸、微生物活动、有机质分解和湿度的变化而使pH值发生强烈变化,为高等植物和微生物提供一个有利的环境。

目前,关于我国南方土壤的缓冲性研究较多^[1-3],但针对北方农田耕地土壤的酸碱缓冲性研究尚未见全面报道。针对以上问题,作者对吉林省桦甸、乾安、梨树和榆树等 4 个地区的玉米(超)高产和普通生产田土壤的缓冲性能进行初步研究,旨在了解该地区土壤的缓冲性能,为合理利用和改良土壤提供参考依据。

1 材料与方法

表 1 供试土壤理化性质分析									
采样地	类型	物理性砂粒 1~0.01 mm(%)	物理性黏粒 <0.01 mm(%)	pH	有机质(%)	速效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	碱解氮(mg/kg)	CEC(cmol/kg)
桦甸	高产	17.94	68.23	4.33	36.74	46.12	205.8	150.04	24.3
	普通	27.40	39.30	5.64	24.98	27.78	178.4	162.57	18.5
梨树	高产	33.05	52.71	6.58	20.85	18.57	200.3	125.55	18.5
	普通	37.82	39.87	7.11	21.64	18.25	190.5	144.87	19.5
乾安	高产	44.11	32.15	7.79	16.52	38.97	239.2	130.38	18.5
	普通	47.14	44.26	7.57	13.73	12.66	165.4	122.33	17.2
榆树	高产	31.22	63.39	6.21	29.03	25.71	255.7	125.55	24.6
	普通	40.79	50.98	6.47	32.12	14.94	180.0	160.97	23.2

2 结果与分析

2.1 酸碱缓冲性分析

由图 1 可见,各酸碱缓冲曲线均呈似 S 形,有两个拐点,表现出敏感性不同的区段。桦甸普通生产田土壤的酸碱缓冲性均大于该地高产土,酸添加量为 50 mmol/kg 时曲线出现了明显拐点,而碱添加量达 125 mmol/kg 时曲线出现了拐点。梨树土壤所测结果规律与桦甸一致,即普通生产田土壤的酸碱缓冲性大于该地高产土。与之相反,乾安普通生产田土壤的酸碱缓冲性均小于该地高产土,酸添加量为 200 mmol/kg 时,曲线出现了明显拐点,碱添加量为 100 mmol/kg 时曲线出现拐点,可以看出,乾安高产土对碱的缓冲性相当弱,基本符合吉林省西部土壤特征。榆树土壤所测结果规律与乾安一致,即普通生产田土壤的酸碱缓

1.1 供试材料

供试土壤采自吉林省桦甸、乾安、梨树和榆树等 4 个地区的玉米(超)高产及普通生产田,其理化性质见表 1。

1.2 缓冲实验

①将(超)高产、普通生产田土壤分别风干、磨细过 1 mm 筛,备用。

②酸缓冲性能的测定:准确称取每种土样 20 g 13 份,置于 150 mL 塑料瓶中,加蒸馏水 20 mL (土水比为 1:1),然后加 HCl 溶液,使酸添加量分别为 0、12.5、25、37.5、50、75、100、125、150、175、200、250 和 300 mmol/kg 土,振荡 1 h 后,将溶液转入小烧杯中,静置 24 h,用 pHS-3C 型酸度计测各样品的 pH 值。

③碱缓冲性能的测定:前处理依照上述方法②,将 NaOH 溶液作为添加液,使碱添加量分别为 0、12.5、25、37.5、50、62.5、75、87.5、100、125、150、175 和 200 mmol/kg 土,振荡,静置后测定。以酸、碱加入量(mmol/kg 土)为横坐标,测得的 pH 值为纵坐标作图。

冲性小于该地高产土,可见,吉林省土壤的酸碱缓冲性与其玉米产量没有绝对关系。

经分析,缓冲曲线可大致分为 3 段。第一段在 pH 6 以上,这一阶段土壤 pH 随酸加入量的变化较慢,表明对酸的缓冲性较强,其程度可能与土壤中的 CaCO_3 含量有关,即 CaCO_3 含量越高,其变化越缓。但对于 pH 较低的土壤,如桦甸,这一阶段不明显。第二阶段在 pH 6~3 之间,这一阶段 pH 随酸加入量增加的变化较为迅速,可在较窄的范围内使 pH 迅速下降。表明当土壤 pH 落入这一范围内,土壤酸化的速率明显加快。第三阶段是 pH 低于 3,这时所有土壤的 pH 随酸加入量的增加变化都很缓,是缓冲作用最强的区域。这一阶段较强的缓冲性可能与土壤中广泛存在的铁铝氧化物有关,也正是由于这一原因,一般土壤 pH 不可能达到 3 以下。

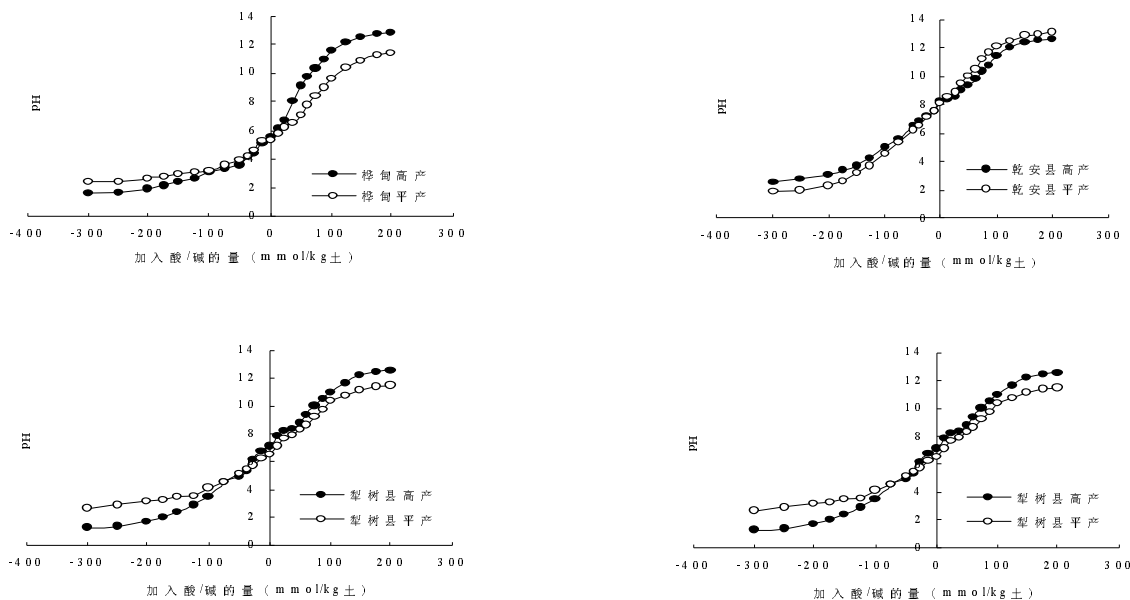


图 1 (超)高产及普通生产田土壤酸碱缓冲性曲线对比分析
横轴负方向数值上等于添加 HCl 的量,横轴正方向数值上等于添加 NaOH 的量

酸碱滴定曲线的理论依据是根据 Unkhara 和 Gillmans^[4]研究风化土壤可变电荷的方法原理,以滴定曲线的形状、平缓程度定性地反映土壤的酸碱缓冲能力,并根据 Van Breemen 和 Wielemake^[5]的定义,土壤缓冲容量(β)是在 1 L 溶液中欲改变 pH 值一个单位所需加入的酸或碱的当量数,表示为 $\beta = dC/dpH$ 。根据潘根兴^[6]所提出用土壤溶液中 pH 下降一个单位作为对酸敏感性的相对衡量指标,我们在整段酸缓冲曲线中,选取 pH=3 作为参比值得出的酸缓冲容量($\beta_H = \Delta H / \Delta pH$)分别为:桦甸高产 17.86 cmol/(kg·pH),普通生产田 5.21 cmol/(kg·pH);梨树高产 4.56 cmol/(kg·pH),普通生产田 3.91 cmol/(kg·pH);乾安高产 3.01 cmol/(kg·pH),普通生产田 3.13 cmol/(kg·pH);榆树高产 9.62 cmol/(kg·pH),普通生产田 11.37 cmol/(kg·pH)。而整段碱缓冲曲线中,用 pH=10 作为参比值得出的碱缓冲容量($\beta_{OH} = \Delta OH / \Delta pH$)分别为:桦甸高产 2.10 cmol/(kg·pH),普通生产田 1.98 cmol/(kg·pH);梨树高产 2.55 cmol/(kg·pH),普通生产田 2.19 cmol/(kg·pH);乾安高产 2.36 cmol/(kg·pH),普通生产田 2.84 cmol/(kg·pH);榆树高产 3.01 cmol/(kg·pH),普通生产田 2.58 cmol/(kg·pH)。缓冲容量越大,表明土壤酸碱缓冲能力越强。从数据上可以看出,其结果与图 1 所反映的规律一致。

2.2 影响因素分析

由图 2 中可以看出,土壤有机质含量与酸缓冲

容量呈正相关,即随有机质含量的增加,土壤对酸的缓冲性能呈增大趋势,相关系数(r)达到 0.933 9,相关性极显著(5%)。

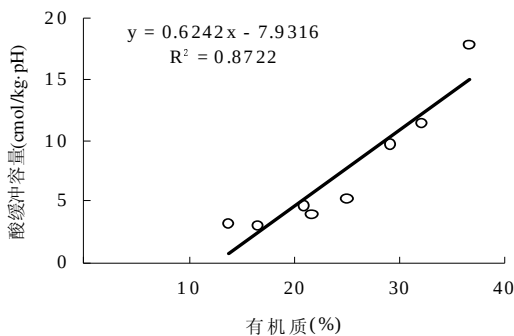


图 2 有机质含量与酸缓冲容量相关性分析

土壤有机质含量不高,但其对土壤的一系列物理化学性质有很大影响。土壤有机胶体主要是腐殖质,腐殖质胶体是非晶态的无定形物质,有巨大的比表面,其范围为 350~900 m²/g;由于胶体表面羧基或酚羟基中 H⁺ 的解离,使腐殖质带负电荷,其负电量平均为 200 mequiv/100 g,阳离子交换量可达 150~300 cmol/kg,甚至可高达 400~900 mequiv/100 g,土壤胶体常被看作是具有弱酸或弱碱性质的酸胶基和碱胶基组成的。综上所述,两性胶体性质使有机物可缓冲土壤溶液的 pH。

图 3 中列出了阳离子交换量与酸缓冲容量的相关性,相关系数为 0.920 4,相关性极显著,即表明阳离子交换量大的土壤,其缓冲性能也随之增强。

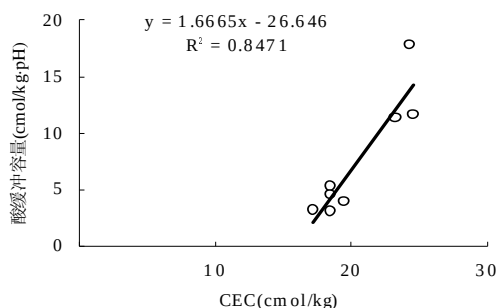


图3 阳离子交换量与酸缓冲容量相关性分析

根据廖柏寒对土壤酸碱缓冲机制的研究结果,土壤酸碱缓冲过程为两种机制:①阳离子交换产生的缓冲过程,称为初级缓冲过程,在反应动力学上有较快的反应速率,且与土壤阳离子代换量相关;②是土壤风化产生的缓冲过程,缓冲能力较强,但动力学上反应速率较慢,称为次级缓冲过程。酸性沉降物进入土壤后,首先要克服土壤缓冲域对酸的缓冲^[7],将盐基离子从土壤溶液中,进而从土壤交换复合体中清除出去,才能发生土壤酸

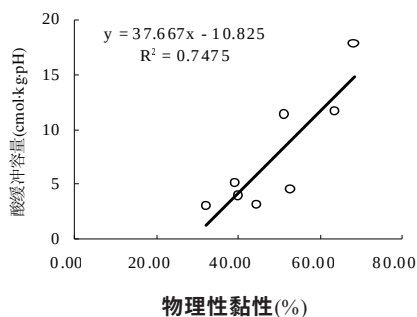


图4 黏粒含量与酸缓冲容量相关性分析

影响,酸雨的酸化效应减弱^[10]。

3 结 论

各酸碱缓冲曲线均呈似 S 形,有两个拐点,表现出敏感性不同的区段,桦甸和梨树普通生产田土壤的酸碱缓冲性均大于该地高产土,乾安和榆树普通生产田土壤的酸碱缓冲性均小于该地高产土,吉林省土壤的酸碱缓冲性与其玉米产量没有绝对关系。

有机质含量、阳离子交换量、黏粒含量与缓冲容量呈正相关,而初始 pH 值与其呈负相关,即提高土壤有机质含量、阳离子交换量和黏粒含量,降低土壤 pH 值有利于提高土壤的酸碱缓冲性能。

参考文献:

[1] 岑慧贤,仇荣亮,杨 平. 土壤酸沉降缓冲机制的探讨[J].

化。因此,决定土壤酸化进程的最重要因子是土壤的阳离子交换性能。大多数类型的土壤都是通过阳离子交换来平衡酸沉降带来的过量 H^+ 的能力,所以土壤化学组成的变化是缓冲酸侵入的一种机理^[8]。土壤胶体上吸附的各种盐基离子,能对土壤 H^+ 起缓冲作用,而胶体表面吸附的 H^+ 、 Al^{3+} ,又能对 OH^- 起缓冲作用。

图 4 为土壤物理性黏粒与酸缓冲容量的相关性,相关系数为 0.864 6,相关性极显著,说明黏粒含量的增加有利于提高土壤的酸缓冲容量。黏粒含量高,相应的阳离子交换量亦大,因此增强了土壤的酸缓冲容量。

从图 5 可以看出,初始 pH 也影响着土壤对酸的缓冲容量,二者相关性极显著($r=0.820\ 2$),说明初始 pH 越大酸缓冲容量越低,越易遭受外源酸的破坏。杨秀虹等^[9]指出限制土壤酸化进程,与土壤酸缓冲性相关的还包括了土壤 pH 值。在酸雨对土壤的影响中,当酸雨 pH 接近土壤 pH 时,由于土壤溶液中的 H^+ 与交换性离子的平衡不受

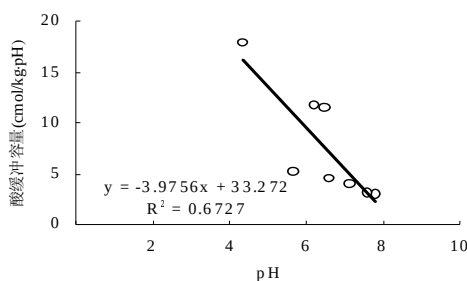


图5 初始 pH 值与酸缓冲容量相关性分析

环境科学研究,2000,13(2):49-54.

- [2] 陈翠玲,蒋爱凤,任秀娟,等. 潮土区不同质地类型土壤对酸缓冲性能的研究[J]. 河南农业科学,2005(10):64-65.
- [3] 吴甫成,王晓燕,邹 君,等. 湖南土壤酸缓冲性能研究[J]. 农业现代化研究,2001,22(1):58-62.
- [4] Unkhara G & Gillman G P. The Mineralogy, Chymistry and Physics of Tropical Soils with Variable Charge Clays. Boulder, Colorado: Westview press, 1981. 170.
- [5] Van Breemen N Q, Wielemaker W G. Buffering intensities and equilibrium pH of minerals and soils [J]. Soil Sci Soc Amer, J, 1974, 38: 55-65.
- [6] 潘根兴. 改进的酸碱滴定曲线法应用于研究土壤对酸雨的反应[J]. 南京农业大学学报,1991,14(4):128-132.
- [7] Ulrich, B. ?kologische Gruppierung von B?den nach. ihrem chemischen Bodenzustand. Z. Pflanzenern?hr. Bodenk., 144, 289-306, 1981.
- [8] Recheigl J E, Sparks D L. Effect of acid rain on the soil environment [J]. Commun In Soil Plant Anal, 1985, 16 (7): 653-680.

m²,4 行区,3 次重复,随机排列。

2 结果与分析

2.1 控释尿素对玉米产量构成因素的影响

表 2 试验各处理产量构成因素

处 理(kg/hm ²)	穗长(cm)	秃尖(cm)	穗粒数(个)	百粒重(g)
不施氮肥 (N ₀ P ₈₅ K ₇₅)	18.0	0.7	561	31.4
控释尿素 (N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	17.3	1.3	526	36.3
普通尿素 (N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	17.0	0.7	555	34.0
控释尿素 (N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	18.3	1.1	624	36.8
普通尿素(N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	18.2	0.9	603	37.0
控释尿素(N ₁₀₈ P ₈₆ K ₇₅)	17.1	0.9	532	36.1
普通尿素 (N ₁₀₈ P ₈₆ K ₇₅)	18.0	0.7	541	35.8

从表 2 可看出,施用 N 150 kg/hm² 的控释尿

素穗长达 18.3 cm、穗粒数 624 个、百粒重 36.8 g,综合性状好于不施氮肥和普通尿素处理。

2.2 控释尿素对玉米产量的影响

从表 3 可以看出,施氮各处理与不施氮处理相比,产量提高 3 663~4 915 kg/hm²,增产相对值为 52.9%~71.0%,达到极显著水准。相同养分用量情况下,施用控释尿素处理产量均高于施用普通尿素处理产量,但差异不显著。施 N 150 kg/hm² 的控释尿素产量最高,达到 12 139 kg/hm²,与施氮 215 kg/hm² 的普通尿素和施氮 108 kg/hm² 的普通尿素相比,达到显著水准。

表 3 控释尿素试验产量

处 理	产 量				差异显著性测定	
	I	II	III	平均	5%	1%
不施氮肥 (N ₀ P ₈₅ K ₇₅)	6 717	7 025	7 040	6 927	d	B
控释尿素全量(N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	10 856	11 262	10 998	11 039	abc	A
普通尿素全量(N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	11 561	10 134	11 018	10 904	bc	A
控释尿素全量的 70% (N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	11 489	12 743	12 185	12 139	a	A
普通尿素全量的 70% (N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	11 739	11 862	11 924	11 842	ab	A
控释尿素全量的 50% (N ₁₀₈ P ₈₆ K ₇₅)	12 158	10 542	12 032	11 577	abc	A
普通尿素全量的 50% (N ₁₀₈ P ₈₆ K ₇₅)	9 590	11 742	10 439	10 590	c	A

表 4 控释尿素对玉米粗脂肪和粗蛋白含量的影响

处 理(kg/hm ²)	粗脂肪(%)	粗蛋白(%)
不施氮肥 (N ₀ P ₈₅ K ₇₅)	3.33	7.822 3
控释尿素 (N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	3.40	8.788 3
普通尿素 (N ₂₁₅ P ₈₆ K ₇₅)	3.06	8.608 7
控释尿素(N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	3.27	8.618 1
普通尿素全量(N ₁₅₀ P ₈₆ K ₇₅)	3.06	8.620 3
控释尿素全量 (N _{107.5} P ₈₆ K ₇₅)	3.35	8.415 2
普通尿素 (N _{107.5} P ₈₆ K ₇₅)	3.11	8.537 0

2.3 控释尿素对玉米品质的影响

从表 4 可见,施用 N 215 kg/hm² 的控释尿素粗脂肪含量达 3.40%,粗蛋白含量达 8.7883%,均为最高,相同养分用量情况下,施用控释尿素处理的粗脂肪含量均高于施用普通尿素的处理。可见,施用控释氮肥能够提高玉米子粒中粗脂肪含量,而对粗蛋白含量影响不大。

3 小 结

3.1 施用 N 150 kg/hm² 控释尿素的春玉米穗长和穗粒数最高,百粒重较大,综合性状好于其它处

理。

3.2 施氮各处理与不施氮处理相比,产量提高 3 663~4 915 kg/hm²,增产相对值为 52.9%~71.0%。相同养分用量情况下,施用控释尿素处理产量均高于施用普通尿素处理产量。施 N 150 kg/hm² 的控释尿素产量最高。

3.3 施用控释尿素能够提高玉米子粒中粗脂肪含量,对粗蛋白含量影响不大。

参考文献:

- [1] 张 民,史衍玺,杨宋祥,等. 控释和缓释肥的研究现状与进展[J]. 化肥工业,2004,28(5) :27- 30 .
- [2] 翟军海,高亚军,周建斌. 控释 / 缓释肥料研究概述[J]. 干旱地区农业研究,2002,20(1) :45- 47 .
- [3] 朱红英,董树亭,胡昌浩. 不同控释肥料对玉米产量及产量性状影响的研究[J]. 玉米科学,2003,11(4) :86- 89 .
- [4] 武志杰. 我国缓释、控释肥料发展现状、趋势及对策[J]. 中国农业科技导报,2001(3) :73- 76 .
- [5] 冯元琦. 21 世纪理想肥料 - 缓释、控释肥料[J]. 化肥设计,2003(6) :53- 55 .
- [10] 仇荣亮. 陆生生态环境酸沉降敏感性研究 [J]. 环境科学进展,1997,5(4) :8- 22 .

(上接第 27 页)

- [9] 杨秀虹,仇荣亮,岑慧贤. 陆地生态系统对酸沉降的敏感性及其影响因素[J]. 农业环境保护,1999,18(2) :92 .