

文章编号: 1003-8701(2015)05-0042-04

天然沸石用量对玉米产量及氮肥利用率的影响

童淑媛, 杜震宇

(黑龙江农业经济职业学院, 黑龙江 牡丹江 157041)

摘 要:以耐密玉米品种鑫鑫1号为试验材料,采用小垄超密植(密度93 000株·hm⁻²)栽培模式,减少15%的氮肥用量,施用天然沸石做氮肥增效剂,研究不同氮肥增效剂用量对玉米产量和氮肥利用率的影响。结果表明,天然沸石做氮肥增效剂可以提高百粒重,降低倒伏率和空秆率从而提高超密植栽培模式下的玉米产量,与常规栽培相比可增产17.6%~38.1%;同时可提高氮肥利用率13.91~19.15个百分点。在牡丹江砂壤土地区,玉米超密植栽培模式下,沸石施用量为176 kg·hm⁻²时增产增收效果显著,氮肥利用率提高明显。

关键词:玉米;氮肥增效剂;天然沸石;肥料利用率

中图分类号:S513

文献标志码:A

Effects of Different Natural Zeolite Rates on Maize Yield and Nitrogen Use Efficiency

TONG Shu-yuan, DU Zhen-yu

(Heilongjiang Agricultural Economy Professional College, Mudanjiang 157041, China)

Abstract: The yield and nitrogen use efficiency of maize under super dense planting conditions (93 000 plants per hectare) were investigated, which using the dense maize variety xinxin1, reducing 15% dosage of nitrogen fertilizer and using natural zeolite as nitrogen fertilizer synergist. The results showed that using natural zeolite as nitrogen fertilizer synergist could improve 17.6%~38.1% of maize yield and 13.91~19.15 percentage of nitrogen use efficiency in super dense planting conditions compared with conventional cultivation, due to the increase of hundred-grains weight, reduction of lodging percentage and blank-stem rate. The output and benefit of maize, and nitrogen use efficiency were increased significantly by applying natural zeolite at 176 kg·hm⁻² under super dense planting conditions in sandy silt of Mudanjiang.

Key words: Maize; Nitrogen fertilizer synergist; Natural zeolite; Fertilizer use efficiency

目前玉米是我国种植面积最大的粮食作物,并将是今后一定时期内消费需求最快的粮食品种^[1],黑龙江省自2010年推进千亿斤粮食产能工程以来,玉米种植面积不断增加,已经成为黑龙江省的第一大粮食作物,随着高产玉米品种的选育、使用,以及玉米栽培技术模式的变革,虽然其单产从1949年的1308 kg·hm⁻²提高到2010年的4470 kg·hm⁻²^[2],但玉米的种植密度仍普遍较低^[3],与世界先进国家或高产典型相比差距更大。产生这种现象的原因一方面是我国玉米生产的机械化水平区域差异较大,另一方面是品种与栽培技术

不配套。适当增加玉米种植密度的高产栽培模式的研究与推广是进一步提高玉米产量的重要措施。

玉米对养分的需求量较大,化肥的使用在其增产过程中发挥了巨大作用^[4],特别是一定范围内增施氮肥可以明显提高玉米子粒产量^[5],这也造成了种植者误认为氮肥施用越多,玉米产量越高,而盲目地过多施用氮肥不仅会造成产量增加困难,甚至减产,同时也造成氮素利用率的降低,导致资源浪费、环境污染及农产品品质下降^[6-7]。因此,有关提高氮肥利用率的研究也一直是研究热点。本试验采用小垄超密植栽培技术,在同等密度应用肥料数量的基础上降低氮肥用量的15%左右,配合施用氮肥增效剂(天然沸石),探讨确保玉米增密增产、降低氮肥用量、提高氮肥利用

收稿日期:2015-04-29

基金项目:黑龙江省牡丹江市科技局推广项目(T2011n0008)

作者简介:童淑媛(1981-),女,副教授,博士,从事作物栽培研究。

率的氮肥增效剂的适宜施用量,为玉米超密超高产栽培与降低氮肥施用量促进土壤可持续利用提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

鑫鑫 1 号,生育期 120 d 左右,需≥10℃活动积温 2400℃·d 左右。该品种在牡丹江地区的适宜密度为 70 000 株·hm⁻²左右。施用的氮肥增效剂为天然沸石,密度 2.2 g·cm⁻³,吸氮值为 2 mg·g⁻¹。

1.2 试验区概况

试验于 2014 年在黑龙江省牡丹江市黑龙江农业经济职业学院玉米生产田进行。土壤为砂壤土,有机质 25.2 g·kg⁻¹,碱解氮 92.2 mg·kg⁻¹,有效磷 22.4 mg·kg⁻¹,速效钾 123.1 mg·kg⁻¹,pH7.6。

1.3 试验设计

种植模式采用小垄超密种植模式,即垄距 60 cm,垄上种植双行植株,双行行距 10 cm,种两垄空一垄,密度为 93 000 株·hm⁻²,肥料施用于种植垄上,空垄不施肥。试验设 6 个不同氮肥增效剂用量处理(F0~F5);同时磷钾对照区(记为 PK),该处理不施用氮肥和氮肥增效剂。以鑫鑫 1 号在本地区的常规栽培模式设为产量对照(CK),即垄距 60 cm,密度 70 000 株·hm⁻²。各小区的种植面积为 200 m²,采用随机区组排列,重复 3 次。各处理肥料用量见表 1。本试验超密植模式中

F0~F5 处理的氮肥用量为尿素 480 kg·hm⁻²,而按照与 CK 的密度差异,为保证产量形成,应施用尿素约 560 kg·hm⁻²,即降低了氮肥施用量约 15%。

1.4 田间管理

4 月 20 日整地。5 月 2 日播种,1/3 的氮肥、全部的磷肥和钾肥做种肥施入,氮肥增效剂与肥料同时施入。2/3 的氮肥在拔节期施用。玉米 7~10 叶期每公顷用 150 mL 玉米控旺兑水 225 kg 均匀喷施,预防植株生长过高。6 月末去除分蘖。其他管理措施与当地大田栽培管理相同。

1.5 测试指标和方法

1.5.1 产量及其构成因素

完熟期测产,在各种植区内采取 5 点取样法,每个样点 30 m²,实收测产,并折算成含水量为 14% 的子粒产量。每个样点内随机取 50 穗进行考种,调查项目包括空秆率、倒伏率、秃尖长度、穗长、穗行数、行粒数、百粒重(折算成含水量为 14% 的子粒质量)等。

1.5.2 氮肥利用率

在玉米成熟期,在各小区分别取 6 株植株,将植株地上部分进行烘干、粉碎,充分混匀后进行测定。样品中的氮采用凯氏定氮法。氮肥利用率的计算采用差减法^[8]。

作物吸氮量(kg·hm⁻²)=Σ 作物各器官干物质重×该器官氮含量

氮肥偏生产力(kg·kg⁻¹)=施氮区玉米产量/施氮量

氮肥农学效率(kg·kg⁻¹)=(施氮区产量-无氮区产量)/施氮量

氮肥利用率(%)=(施氮区作物吸氮量-不施氮区作物吸氮量)/施氮素量×100%

1.6 分析方法

数据使用 SPSS18.0 软件进行分析,绘图使用 Excel 2003 软件。

2 结果与分 析

2.1 不同氮肥增效剂用量对玉米产量的影响

不施氮肥与氮肥增效剂条件下,小垄超密植栽培模式的玉米产量显著低于常规种植模式(图 1),导致其产量降低的原因是高密度与缺少氮肥导致玉米果穗长度变小,秃尖增长,行粒数减少,百粒重下降,倒伏率和空秆率增加(表 2)。

小垄超密植栽培模式中,在同等氮、磷、钾肥用量条件下,玉米产量随氮肥增效剂用量增加而增加,且与 PK、CK 处理相比差异显著(P<0.05)。

表 1 试验处理与肥料用量 kg·hm⁻²

处理	氮肥增效剂用量	肥料用量
F0	0	
F1	110(1 kg 纯 N 施用氮肥增效剂 0.50 kg)	
F2	143(1 kg 纯 N 施用氮肥增效剂 0.65 kg)	尿素 480, 过磷酸钙
F3	176(1 kg 纯 N 施用氮肥增效剂 0.80 kg)	(P ₂ O ₅ 含量 15%)1230, 氯化钾 200, 硫酸锌 15
F4	220(1 kg 纯 N 施用氮肥增效剂 1 kg)	
F5	253(1 kg 纯 N 施用氮肥增效剂 1.15 kg)	
PK	0	过磷酸钙(P ₂ O ₅ 含量 15%)1230, 氯化钾 200, 硫酸锌 15
CK	0	尿素 420, 过磷酸钙(P ₂ O ₅ 含量 15%)920, 氯化钾 150, 硫酸锌 10

F3、F4、F5之间无明显差异,但均显著高于其他氮肥增效剂施用量处理,表明在超密植栽培降低氮肥用量的情况下,施用氮肥增效剂可以明显提高玉米产量,但超过一定施用量时对增产的作用不明显。F0~F5处理的产量分别比CK高8.4%、17.6%、20.0%、36.9%、38.1%、32.4%,F0、F1、F2处理主要因百粒重的降低、空秆率和倒伏率的增加以致产量增加幅度远低于密度增加幅度。

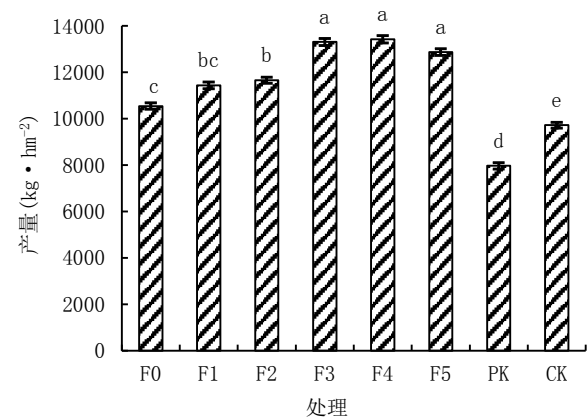


图1 不同氮肥增效剂用量对玉米产量的影响
注:图中小写字母表示在0.05水平差异显著

2.2 不同氮肥增效剂用量对氮肥利用率的影响
超密植条件下,F0处理的吸氮量、氮肥利用

率、氮肥偏生产力、氮肥农学效率、氮肥贡献率均明显低于F1~F5处理($P<0.05$)(表3),说明本试验中以天然沸石做氮肥增效剂对提高氮肥利用率的效果明显。氮肥贡献率是指氮肥对作物产量的贡献率,可以用来衡量年投入氮肥的生产能力^[9]。施用沸石可明显提高氮肥对玉米产量的贡献能力,从而提高氮肥利用率。玉米植株的吸氮量、氮肥利用率、氮肥偏生产力、氮肥农学效率、氮肥贡献率均随氮肥增效剂用量的增加而增加,但F3、F4、F5处理之间的植株吸氮量差异不显著,F3与F4之间的氮肥利用率无明显差异,F5处理的氮肥利用率显著低于F4处理,表明当氮肥增效剂用量达到 $176\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,继续增加氮肥增效剂的用量不会明显增加植株吸氮量、氮肥利用率、氮肥偏生产力、氮肥农学效率,并且当氮肥增效剂用量达到 $253\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,氮肥利用率和氮肥农学效率反而降低。

2.3 提高氮肥利用率的超密植栽培种植效益分析
采用超密植栽培模式施用天然沸石 $176\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,每公顷增加成本约700元,产量 $13\,306.6\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,比常规栽培增加 $3583.9\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,增产36.9%,按玉米子粒收购价格 $1.5\text{元}\cdot\text{kg}^{-1}$ 计算,每公顷可增加收入4675.85元,增产增收效果显著。

表2 不同氮肥增效剂用量对玉米产量构成因素的影响

处理	穗长(cm)	秃尖长(cm)	穗行数(行/穗)	行粒数(粒/行)	百粒重(g)	倒伏率(%)	空秆率(%)
F0	21.8a	3.1b	14.8a	40.7a	20.4c	14.3b	9.7b
F1	22.9a	2.7bc	14.6a	41.1a	22.4b	11.7c	8.4bc
F2	23.3a	2.8bc	14.8a	40.2a	22.1b	11.5c	7.7cd
F3	23.0a	2.2c	14.8a	41.6a	24.7a	8.1d	6.8d
F4	23.5a	1.9c	14.8a	41.3a	25.2a	8.3d	5.7e
F5	23.7a	2.1c	14.4a	41.6a	24.5a	7.9d	5.3e
PK	20.6b	4.7a	14.8a	35.3b	18.7d	17.6a	12.1a
CK	23.4a	1.6c	14.6a	41.9a	24.1a	7.9d	5.4e

注:小写字母表示在0.05水平差异显著,下同

表3 不同氮肥增效剂用量处理的氮肥利用率

处理	总吸氮量($\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$)	氮肥利用率(%)	氮肥偏生产力($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	氮肥农学效率($\text{kg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	氮肥贡献率(%)
F0	229.51e	25.84e	47.74c	11.65d	24.40c
F1	238.88d	30.09d	51.79b	15.71c	30.33b
F2	260.92bc	35.86c	52.80b	16.71c	31.65b
F3	277.54a	43.38ab	60.27a	24.18ab	40.12a
F4	281.10a	44.99a	60.79a	24.71a	40.64a
F5	269.53ab	39.76b	58.28a	22.20b	38.08a
PK	181.75f				

表4 超密植条件下施用氮肥增效剂玉米生产效益 元·hm⁻²

处理	种子	氮肥(尿素)	磷肥(过磷酸钙)	钾肥(氯化钾)	天然沸石	合计
CK	450	860	535	420	0	2265
F3	600	985	715	560	105	2965

注:生产成本中只计算种子与肥料投入

3 讨论与结论

当前普遍较低的玉米种植密度不仅限制了优良品种产量潜力的发挥,造成玉米总产的提高更多由种植面积决定的非高效农业生产模式,也不利于提高肥料利用率^[10]。目前被认为能够有效提高氮肥利用率的技术主要有氮肥实时实地精细管理^[11-13]、缓释(控释)肥料的使用^[14-15]、施用氮肥增效剂^[16-18]。施用的氮肥增效剂按照作用方式主要分为硝化抑制剂、尿酶抑制剂和氨稳定剂,沸石为氨稳定剂的一种。有研究表明,沸石能够保持较多的肥料氮,增加了玉米对肥料中氮的吸收,且沸石量的不同对于玉米的生长具有明显的影响^[19]。

本试验从提高密度和氮肥利用率两个方面出发,研究超密植条件下降低氮肥用量提高产量和氮肥利用率的玉米高产栽培模式。研究结果表明,在提高玉米种植密度 1/3 的条件下,降低氮肥理论用量约 15%,以天然沸石做氮肥增效剂可明显提高玉米产量和氮肥利用率,这是因为天然沸石有吸附 NH₄⁺ 和控制 NH₄⁺ 肥料肥效释放的潜力^[20]。但氮肥增效剂施用量在 110 ~ 143 kg·hm⁻² 时,产量仅增加 17.6% ~ 20.0%,未能达到增加密度 1/3 的增产效果。氮肥增效剂用量为 176 ~ 253 kg·hm⁻² 时可增产 32.4% ~ 38.1%,氮肥利用率达到 39.76% ~ 44.99%,与不施用氮肥增效剂的超密植栽培相比,可提高氮肥利用率 13.91 ~ 19.15 个百分点,但氮肥增效剂用量超过 176 kg·hm⁻² 时对提高产量和氮肥利用率的作用不明显,说明该土壤条件下施用天然沸石 176 kg·hm⁻² 时可实现玉米超密植栽培的高产、低氮肥投入生产。与不施用氮肥增效剂比较发现其增产效果是通过提高百粒重,降低倒伏率和空秆率来实现的。与常规栽培相比,施用天然沸石 176 kg·hm⁻² 时,本种植模式每公顷可增加纯收益 4675.85 元左右(见表 4),实现了增密增产增收。根据品种特性,以适当增密为主的栽培措施改良是有限资源条件下提高玉米产量的重要途径,但种植模式必须以品种特性为依据,避免盲目增加密度造成空秆率增加而导致

产量下降^[21],或因子粒充实度降低而造成品质降低^[22],本试验的种植模式为其他品种增密种植模式的研究提供了理论依据。

我国沸石储量丰富,其在农业生产上的作用也进行了多年广泛的研究,但真正在农业生产上的应用较少,一方面与人们对其结构和功能认识不足有关,沸石形态的多样性,它参与农业生产的可参考的成功数据较少,也限制了其应用^[23]。本试验表明黑龙江省牡丹江地区中土壤类型玉米超密植条件下,施用沸石作为氮肥增效剂提高玉米产量和氮肥利用率的可行性,同时确定了该种植模式下,沸石的最佳用量,但其常年作用效果及不同类型沸石在不同土壤条件下的具体用量仍需做进一步研究。

参考文献:

[1] 韩长赋. 玉米论略[J]. 农业经济问题, 2012(6): 4-9.

[2] 苏俊, 闫淑琴. 黑龙江省玉米生产技术的发展回顾与展望[J]. 黑龙江农业科学, 2011(11): 122-126.

[3] 韩庆霞. 牡丹江市玉米生产中存在的问题及建议[J]. 黑龙江农业科学, 2010(5): 151-152.

[4] 易镇邪, 王璞, 申丽霞, 等. 不同类型氮肥对夏玉米氮素累积、转运与氮肥利用的影响[J]. 作物学报, 2006, 32(5): 772-778.

[5] 东先旺, 刘树堂, 陶世荣. 不同肥水组合对夏玉米水分利用效率及经济效益的影响[J]. 华北农学报, 2000, 15(1): 81-85.

[6] Miao Y X, Mulla D J, Robert P C, et al. With-field variation in corn yield and grain quality responses to nitrogen fertilization and hybrid selection[J]. Agronomy Journal, 2006(98): 129-140.

[7] 淮贺举, 张海林, 蔡万涛, 等. 不同施氮水平对玉米氮素利用及土壤硝态氮残留的影响[J]. 农业环境科学学报, 2009, 28(12): 2651-2656.

[8] LIU L J, SANG D Z, LIU C L, et al. Effects of real time and site specific nitrogen managements on rice yield and nitrogen use efficiency[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2003, 36(12): 1456-1461.

[9] 巨晓棠, 张福锁. 氮肥利用率的要义及其提高的技术措施[J]. 科技导报, 2003(4): 51-54.

[10] 钱春荣, 于洋, 宫秀杰, 等. 黑龙江省不同年代玉米杂交种氮肥利用效率对种植密度和施氮水平的响应[J]. 作物学报, 2012, 38(11): 2069-2077.

(下转第 89 页)

利于提高低温胁迫苗的根活力,叶面喷施处理有利于提高低温胁迫苗的呼吸速率和叶绿素含量;而对可溶性糖、可溶性蛋白、游离脯氨酸含量、抗氧化酶活性、MDA 含量及电导率的影响差异不明显。

参考文献:

- [1] 周清桂,王连君,杨春华. 草莓花芽分化研究[J]. 吉林农业大学学报,1990,12(2):31-36.
- [2] 张茂君,张冰冰,刘东华. 吉林省果树冻害调查报告[J]. 吉林农业科学,2003,28(3):47-51.
- [3] 郑亚杰,陈玉波,姚环宇. 四季草莓露地栽培技术研究[J]. 吉林农业科学,2013,38(3):59-60.
- [4] 陈玉波,郑亚杰,姚环宇. 草莓露地生产技术规程[J]. 吉林农业科学,2009,34(4):51-52,55.
- [5] 于凤玲,支庆祥. 低温对植物的危害以及植物的抗寒性[J]. 畜牧与饲料科学,2009,30(9):190-191.
- [6] 郭凤领,卢育华,李宝光. 外源 ABA 对番茄苗期和开花期抗冷特性的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版),2000,31(4):357-362.
- [7] 黄杏,陈明辉,杨丽涛,等. 低温胁迫下外源 ABA 对甘蔗幼苗抗寒性及内源激素的影响[J]. 华中农业大学学报,2013,32(4):6-11.
- [8] 罗立津,徐福乐,翁华钦. 脱落酸对甜椒幼苗抗寒性的诱导效应及其机理研究[J]. 西北植物学报,2011,31(1):94-100.
- [9] 曹永翔,张喜春,高杰. 外源物质处理对番茄抗冷性的影响[J]. 中国农学通报,2009,25(9):131-135.
- [10] 高波,邵永春,徐坤,等. 外源水杨酸对草莓抗冷性的影响[J]. 青岛农业大学学报(自然科学版),2007,24(2):81-85.
- [11] 樊国华,金芳. 壳聚糖和水杨酸对低温胁迫下草莓抗寒性的影响[J]. 甘肃农业大学学报,2008,43(2):83-86.
- [12] 孙玉洁,王国槐. 外源生长调节剂对植物抗寒的影响[J]. 作物研究,2011,25(3):287-291.
- [13] 刘红娟,刘洋,刘琳. 脱落酸对植物抗逆性影响的研究进展[J]. 生物技术通报,2008,24(6):7-9.
- [14] 李合生,孙群,赵士杰,等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2007.
- [15] 朱广廉,钟海文,张爱琴. 植物生理学实验[M]. 北京:北京大学出版社,1990.
- [16] 马媛媛,肖霄,张文娜. 植物低温逆境胁迫研究综述[J]. 安徽农业科学,2012,40(12):7007-7008,7099.
- [17] Scebba F, Sebastiani L, Vitagliano C. Changes in activity of antioxidant enzymes in wheat(*Triticum aestivum* L.) seedlings under cold acclimation[J]. *Physiology of Plant*, 1998(104): 747-752.
- [18] GUY C L. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism[J]. *Annu Rev Plant Physiol Plant Mol Biol*, 1990(41): 187-223.
- [19] 鲁旭东,吴顺. 脱落酸对植物生长发育的调控作用[J]. 孝感学院学报,2004,24(3):10-14.

(责任编辑:王昱)

(上接第 45 页)

- [11] Peng S B, Garcia F V, Laza R C, et al. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high yielding irrigated rice[J]. *Field Crops Research*, 1996(47): 243-252.
- [12] 刘立军,徐伟,桑大志,等. 实地氮肥管理提高水稻氮肥利用效率[J]. 作物学报,2006,32(7):987-994.
- [13] 李志宏,张云贵,刘宏斌,等. 叶绿素仪在夏玉米氮营养诊断中的应用[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(6):764-768.
- [14] 杨利军,韩晓日,战秀梅,等. 新型缓释尿素对玉米和水稻产量、氮肥利用率及无机氮残留的影响[J]. 沈阳农业大学学报,2012,43(2):184-188.
- [15] 李敏,叶舒娅,刘枫,等. 施用缓释氮肥对夏玉米产量和氮肥利用率的影响[J]. 安徽农业科学,2012,40(16):8895-8896,8936.
- [16] 高树清,王宝申,韩英群. 腐植酸及不同原料对土壤脲酶活性及氮素的影响研究[J]. 腐植酸,2004(6):32-36.
- [17] 王改玲,郝明德,陈德立. 硝化抑制剂和通气调节对土壤 N_2O 排放的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(1):32-36.
- [18] 焦晓光,梁文举,陈利军,等. 脲酶/硝化抑制剂对土壤有效态氮、微生物量氮和小麦氮吸收的影响[J]. 应用生态学报,2004,15(10):1903-1906.
- [19] 李华兴,李长洪,张新明,等. 沸石对土壤养分有效性和土壤化学性质的影响研究[J]. 应用生态学报,2001,12(5):743-745.
- [20] Kithome M, Paul J W, Lavkulich L M, et al. Effect of pH on ammonium adsorption by natural zeolite clinoptilolite, *Commun-soil-sci-plant-anal*[J]. *Monticello*, 1999, 30(9-10): 1417-1430.
- [21] 刘志刚,陈范骏,王庆祥. 密度对不同玉米基因型产量及其构成因素的影响[J]. 吉林农业科学,2014,39(1):10-12.
- [22] 徐艳荣,孙发明,仲义,等. 种植密度对玉米商品品质的影响[J]. 吉林农业科学,2013,38(2):1-3.
- [23] 姜新福,孙向阳,关裕宓. 天然沸石在土壤改良和肥料生产中的应用研究进展[J]. 草业科学,2004,21(4):48-51.

(责任编辑:王昱)