

不同比例氮、磷、钾配合施用对白浆土区连作大豆生育性状及产量的影响

张喜林¹, 周宝库¹, 高中超¹, 刘颖¹, 王始峰², 李树南², 张艳²

(1. 黑龙江省土壤环境与植物营养重点实验室, 黑龙江省农业科学院 土壤肥料与环境资源研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 依兰县农业技术推广中心, 黑龙江 依兰 154800)

摘 要:通过平衡施肥的方法, 针对不同生育时期大豆需肥规律, 调节氮、磷、钾比例, 筛选出适宜白浆土区连作大豆生长的氮、磷、钾配比。结果表明: 氮磷钾配比为 $N_3P_{4.5}K_{4.5} + N_3$ 时增产最多, 增产 $348.1 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 增产率为 18.6%; 其次为 $N_3P_{4.5}K_{4.5}$ 处理, 增产率为 16.0%。氮磷钾配比为 $N_3P_{4.5}K_{4.5} + N_3$ 时, 鼓粒期大豆株高增加最多, 比对照增加 28.4%; 大豆鼓粒期叶面积增加到最大, 比对照处理增加 93.6%。氮磷钾配比为 $N_4P_6K_6$ 时, 结荚期大豆根长比对照增加 12.6 cm, 叶片中叶绿素含量最高。白浆土中连作大豆最好的氮磷钾配比为 1:0.75:0.75。

关键词:氮磷钾; 连作; 大豆

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2010)04-0659-04

Effect of Different Proportion of N, P and K on Agronomic Traits and Yield of Continuous Planting Soybean in White Paste Soil

ZHANG Xi-lin¹, ZHOU Bao-ku¹, GAO Zhong-chao¹, LIU Ying¹, WANG Shi-feng², LI Shu-nan², ZHANG Yan²

(1. Heilongjiang Soil Environment and Plant Nutrition Key Laboratories, Soil Fertilizer and Environmental Resources Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086; 2. Agricultural Technology Extension Center of Yilan County, Yilan 154800, Heilongjiang, China)

Abstract: We screened out the optimal ratios of nitrogen, phosphorous and potassium fertilizers by analyzing the demand pattern of fertilizer at different growth stages with the method of balance fertilization in white paste soil. The results showed that seed yield of $N_3P_{4.5}K_{4.5} + N_3$ and $N_3P_{4.5}K_{4.5}$ treatment increased by 18.6% and 16.0% compared with $N_2P_2K_1$ (CK). The plant height in $N_3P_{4.5}K_{4.5} + N_3$ treatment increased by 28.4% compared with that of CK at seed filling. Moreover, the leaf area of $N_3P_{4.5}K_{4.5} + N_3$ treatment increased by 93.6% compared with CK. The root length increased 12.6 cm compared with CK and the content of chlorophyll was the highest at pod bearing stage in $N_4P_6K_6$ treatment. In conclusion, the optimal ratio of N, P, K nutrient was 1:0.75:0.75, with half of nitrogen top-dressed at R1 for continuous planting soybean in the white paste soil.

Key words: N, P, K; Continuous planting; Soybean

大豆是黑龙江省的主要旱田作物之一, 由于自然条件和经济效益的制约大豆连作现象较为普遍, 连作面积占大豆播种面积的 30% 左右^[1]。大豆连作导致根际土壤养分减少, 根对养分吸收能力减弱, 土传病虫害严重, 对连作大豆的生长发育和产量有一定影响^[2]。一般可使大豆减产 5% ~ 35%^[3-4]。近年来, 许多学者针对连作对大豆产量和品质等方面的影响, 提出了减少土壤养分非均衡消耗, 平衡养分供给比例失调, 缓解影响大豆生长发育的综合技术措施^[5-7]。目前, 大豆连作施肥技术主要是平衡施肥和适当提高氮肥用量, 但在不同地区、不同土壤上氮磷钾配比上还不够明确, 需要大量的田间试验来研究。

该文从大豆养分的供给和平衡出发, 研究了不

同比例氮、磷、钾配合施用对白浆土区连作大豆生育性状及产量的影响, 以减缓连作对大豆的危害, 提高连作大豆产量、改善大豆生育性状。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2008 年在三江平原西部的依兰县道台桥镇永丰村进行。该地区年平均气温 $2.6 \sim 3.1^\circ\text{C}$, 年平均降水量 560 mm 左右。土壤为白浆土, 土壤有机质 $24.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全氮 $2.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全磷 $1.87 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 全钾 $17.3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效氮 $211.9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效磷 $40.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 速效钾 $289.1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH 4.85。

收稿日期: 2009-08-20

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008BADA4B04-11); 黑龙江省自然科学基金重点资助项目(ZD200813-02); 土壤质量开放实验室开放基金资助项目(C09-2); 哈尔滨市高新技术产业专项资金资助项目(2008HG6BN030)。

第一作者简介: 张喜林(1973-), 男, 副研究员, 研究方向为土壤肥料。E-mail: zhangxilin2009@yahoo.cn。

试验采用随机区组排列,小区面积 26 m^2 ,垄长 10 m ,垄宽 65 cm ,每区4条垄,3次重复。供试大豆品种为垦鉴豆4号,氮肥为尿素($\text{N } 18\%$),磷肥为磷酸氢二铵($\text{N } 18\%, \text{P}_2\text{O}_5\text{ } 46\%$),钾肥为硫酸钾($\text{K}_2\text{O } 50\%$)。试验按照氮、磷、钾肥料的不同比例设置不同用量,设5个施肥处理:① $\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$ (当地习惯施肥,对照);② $\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_3$;③ $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5}$;④ $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5} + \text{N}_3$ (N_3 为大豆开花初期追肥);⑤ $\text{N}_4\text{P}_6\text{K}_6$ 。其中 N_2 表示施纯氮 $30\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; P_2 表示施 $\text{P}_2\text{O}_5\text{ } 30\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$; K_1 表示施 $\text{K}_2\text{O } 15\text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,其它氮、磷、钾施用量按此换算,追肥时期为开花初期。5月4日播种,9月28日收获,常规田间管理。

1.2 测定项目与方法

分别于苗期、开花期、结荚期、鼓粒期和成熟期测定大豆株高、叶面积、叶绿素含量。叶绿素测定采用 SPAD-502 型叶绿素仪;叶面积测定采用 SHY-

150 型叶面积仪。成熟期每个小区随机选取3点,每点取样面积 2.6 m^2 进行测产。

常规分析采用《土壤农业化学分析方法》中的方法进行^[8]。

2 结果与分析

2.1 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆各生育期农艺性状的影响

2.1.1 株高 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆苗期株高影响不大,除作为对照处理的当地习惯施肥株高稍矮,其余施肥处理无明显差异。从开花期开始氮肥对大豆株高影响逐渐增强,尤其是开花初期 $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5} + \text{N}_3$ 处理株高增加最明显,比对照增加了 28.4% ,到大豆成熟期株高比对照高出 6 cm ,增加了 10.5% 。结果表明,适当增加氮肥施入量,对促进大豆植株生长有一定的作用(表1)。

表1 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆各生育期株高的影响

Table1 Effect of different ratio of N,P and K on plant height of soybean at different stage / cm

处 理 Treatment	苗期 Seedling	开花期 Flowering	结荚期 Pod bearing	鼓粒期 Seed-filling	成熟期 Maturing
CK($\text{N}_2\text{P}_2\text{K}_1$)	14.6	35.9	43.5	54.4	56.9
$\text{N}_2\text{P}_3\text{K}_3$	15.1	40.5	44.2	56.3	59.9
$\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5}$	15.6	43.6	45.3	59.1	60.3
$\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5} + \text{N}_3$	15.8	46.1	48.6	60.6	62.9
$\text{N}_4\text{P}_6\text{K}_6$	15.3	43.6	46.0	55.7	59.7

2.1.2 根长 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆根部生长影响较大,与对照相比,增加氮、磷、钾施入量,大豆根长均有增加。苗期适量增加氮肥可以促进大豆根系的发育,为培育大豆壮苗打下营养基础,但处理间差异不显著;开花初期追施氮肥后,大豆根长明显增加,与对照相比, $\text{N}_4\text{P}_6\text{K}_6$ 处理根长增加 12.6 cm , $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5} + \text{N}_3$ 处理增加 11.4 cm ,根长差异显著;鼓粒期大豆根长 $\text{N}_3\text{P}_{4.5}\text{K}_{4.5}$ 处理增加最多,与对照处理相比增加了 9.8 cm 。可以看出,根长增加幅度在开花期达到最大,随着大豆成熟根长增加幅度变小(图1)。

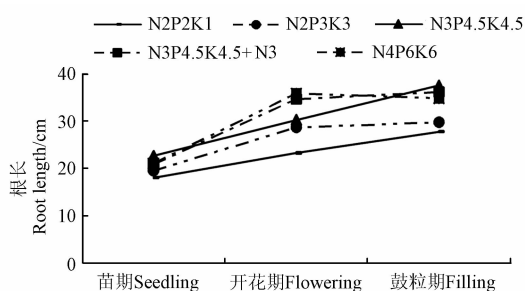


图1 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆各生育期根长的影响

Fig.1 Effect of different ratio of N, P and K on root length of soybean

2.1.3 叶绿素含量 光合作用是植物代谢的基础,叶绿素是光能吸收和转换的原初物质。大豆叶绿素含量随生育期的推进有所变化,结荚期的叶绿素含量最高^[9]。同一时期不同施肥处理对大豆叶绿素含量影响不同,其中结荚期 $\text{N}_4\text{P}_6\text{K}_6$ 处理叶片的叶绿素含量最高,比对照提高了 10.1 个单位(图2)。

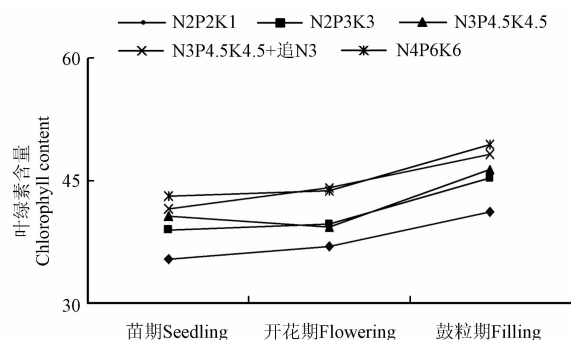


图2 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆各生育期叶绿素含量的影响

Fig.2 Effect of different ratio of N, P and K on chlorophyll content of soybean

2.1.4 叶面积 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆不同生育期叶面积均有影响(图3)。追施氮肥对大豆叶面积影响最大,到鼓粒期叶面积增加到最大,与对照相比最大增幅达到 93.6% ;其次为开花期,

增幅为 73.9%。采用追施氮肥的方法较为科学,可

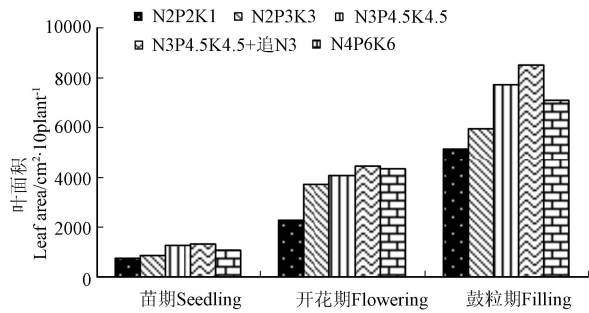


图 3 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆各生育期叶面积的影响
Fig. 3 Effect of different ratio of N,P and K on leaf area of soybean

以补充连作大豆氮素供给,有利于大豆生长,构建良好个体及群体形态,提高光能利用率。

2.2 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆产量的影响

不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆产量影响较大,各处理的产量均极显著高于对照。从增产情况来看, $N_3 P_{4.5} K_{4.5} + N_3$ 处理增产最多,增产 348.1 $kg \cdot hm^{-2}$,增产率为 18.6%;其次为 $N_3 P_{4.5} K_{4.5}$ 处理,增产 299.2 $kg \cdot hm^{-2}$,增产率为 16.0% (表 3)。由于连作大豆易造成养分偏耗,使土壤中养分供应不平衡,适当增加氮肥用量,调节氮磷钾比例,满足大豆生长发育所需养分,因此大豆产量会有明显增加。

表 3 不同比例氮、磷、钾配合施用对大豆产量的影响

Table 3 Effect of different radio of N,P and K on yield of soybean

处理 Treatment	产量 Yield	增产 Increase yield	增产率 Increasing rate	差异显著性 Difference significance	
	/kg · hm ⁻²	/kg · hm ⁻²	/%	0.05	0.01
CK(N ₂ P ₂ K ₁)	1869.2	-	-	d	C
N ₂ P ₃ K ₃	2008.5	139.3	7.5	c	B
N ₃ P _{4.5} K _{4.5}	2168.4	299.2	16.0	ab	A
N ₃ P _{4.5} K _{4.5} +N ₃	2217.3	348.1	18.6	a	A
N ₄ P ₆ K ₆	2127.0	257.8	13.8	b	A

3 结论与讨论

对于连作大豆来说,花期追肥对大豆株高的影响最为显著,苗期增施氮肥有利于大豆根部的发育。因为氮是叶绿素和许多酶的成份。增施氮肥叶绿素含量增加,叶色深绿。钾能够激活几乎所有的酶,可以提高作物光合作用的效率^[10,12]。在增加氮肥的同时增加钾肥,能够明显提高植物体内叶绿素含量,增强植物的光合作用,提高生物产量。开花期采用追施氮肥的方法较为科学,可以补充这一时期大豆氮素供给,有利于大豆生长,构建良好个体及群体形态,增加光能利用率。氮素供给充足,植株茎叶生长茂盛,叶片肥厚,有机物质积累较多,尤其开花期大豆需肥最多,这个时期保证大豆养分供给充足,可为后期丰产打下良好的基础^[11,13]。

白浆土上不同比例氮磷钾肥料配合施用对大豆增产效果不同。由于白浆土养分含量较低,在适当的氮磷钾比例基础上花期追施一定量的氮肥,大豆增产效果非常显著。花期追氮可以有效缓解连作大豆由于养分偏耗带来的营养不均衡,促进大豆植株生长和根系发育,提高根瘤数量,达到增产效果。另外,适当增加钾肥用量增产效果也非常明显。白浆土中连作大豆最好的氮磷钾配比为 $N_3 P_{4.5} K_{4.5} + N_3$ 。

氮磷钾的配合施用比例在不同土壤和区域上有所差异,尤其是在生产上氮素供给过多或不足都会造成作物显著减产。在增加粮食作物产量的作用中氮肥所占份额居磷(P)、钾(K)等肥料之上。另外,其它中、微量元素对连作大豆产量及品质都有影响,平衡施肥和测土配方施肥是今后需要深入探索和研究的方向^[14-15]。

参考文献

[1] 田秀平,薛菁芳,冯梅,等. 不同施肥处理对连作大豆白浆土中氮素形态的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2003,15(1): 14-16. (Tian X P,Xue J F,Feng M,et al. Effect of different fertilizations on the forms of nitrogen in soybean successive planting[J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University, 2003,15(1):14-16.)

[2] 董炳友,高淑英,吕正文. 不同施肥措施对连作大豆的产量及土壤 pH 值的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(4):19-21. (Dong B Y,Gao S Y,Lv Z W. Effect of different fertilizing on soybean yield and soil pH value in continuous cropping [J]. Journal of Heilongjiang August First Land Reclamation University,2002,14(4):19-21.)

[3] 何志鸿,刘忠堂,韩晓增,等. 大豆重迎茬减产的原因及农艺对策研究Ⅳ重迎茬大豆的土壤养分与养分吸收[J]. 大豆科学,2003,22(2):121-126. (He Z H,Liu Z T,Han X Z,et al. Study on the reasons of reducing gain yield in soybean planted continuously and the ways to get more output[J]. Soybean Science,2003,

- 22(2):121-126.)
- [4] 许艳丽,李春杰,刘金波,等.东北黑土区重迎茬对大豆病虫害发生的影响[J].大豆科学,2008,27(3):472-476.(Xu Y L, Li C J, Liu J B, et al. Effect of a alternate-year and continuous-cropping on diseases and pests of soybean[J]. Soybean Science, 2008, 27(3):472-476.)
- [5] 韩晓增,苗淑杰.连作对大豆根瘤形成和固氮功能影响的研究展望[J].大豆通报,2007(1):43-45.(Han X Z, Miao S J. Prospects of the research on how continuous cropping affected nodulation and nitrogen fixation in soybean[J]. Soybean Bulletin, 2007(1):43-45.)
- [6] 刘忠堂,于龙生.重迎茬对大豆产量及品质的影响研究[J].大豆科学,2000,19(3):229-237.(Liu Z T, Yu L S. Study on the influence of successive and alternative cropping on soybean yield and quality[J]. Soybean Science, 2000, 19(3):229-237.)
- [7] 杜长玉,胡亚祥,胡兴国,等.不同肥料对大豆连作效果的研究[J].内蒙古农业科技,2006(3):20-21.(Du C Y, Hu Y X, Hu X G, et al. Study on the influence of different fertilizer on continuous soybean[J]. Inner Mongolia Agricultural Science and Technology, 2006(3):20-21.)
- [8] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.(Lu R K, Soil Agro-chemistry Analyse Method [M]. Beijing:China Agricultural Science and Technology Press, 2000.)
- [9] 薛庆喜,杨思平,杨玉春,等.不同作物茬口对连作大豆产量及农艺性状的影响[J].大豆科学,2009,28(1):73-76.(Xue Q X, Yang S P, Yang Y C, et al. Effects of different crop stubbles on yield and agronomic characters of continuous cropping soybean[J]. Soybean Science, 2009, 28(1):73-76.)
- [10] 王宗玮,张鑫生,闫飞.大豆连作障碍机理的研究简述[J].吉林农业科学,2009,34(3):12-13,27.(Wang Z W, Zhang X S, Yan F. Review on mechanisms of continuous cropping stress of soybean[J]. Jilin Agricultural Sciences, 2009, 34(3):12-13, 27.)
- [11] 李春杰,许艳丽,陈海山,等.耕作方式对连作大豆生长发育及产量的影响[J].中国油料作物学报,2008,30(4):455-459.(Li C J, Xu Y L, Chen H S, et al. Effects of tillage patterns on development and yield of continuous cropping soybean[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2008, 30(4):455-459.)
- [12] 张兴梅,王伟,何淑平,等.两种类型土壤大豆施钾效应[J].中国油料作物学报,2007,29(4):452-455.(Zhang X M, Wang W L, He S P, et al. Effects of potassium application rate on soybean indifferent soil types[J]. Chinese Journal of Oil Crop Sciences, 2007, 29(4):452-455.)
- [13] 李春杰,许艳丽,王喜斌,等.追肥方式对连作大豆生长发育和产量的影响[J].大豆科学,2008,27(6):1003-1006.(Li C J, Xu Y L, Wang X B, et al. Effect of top dressing fertilizer patterns on growth and yield of continuous cropping soybean[J]. Soybean Science, 2008, 27(6):1003-1006.)
- [14] 赵伟,王宏燕,王大庆,等.农肥和化肥对东北黑土土壤氮素转化作用的研究[J].水土保持学报,2009,23(2):99-103.(Zhao W, Wang H Y, Wang D Q, et al. Effect of manure and chemical fertilizers application on nitrogen transfer in black soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2009, 23(2):99-103.)
- [15] 孙广林,夏永胜,张中原.关于大豆配方施肥的研究与应用[J].土壤通报,2007,38(3):527-530.(Sun G L, Xia Y S, Zhang Z Y. Recommended fertilization for soybean and its application[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(3):527-530.)
- ~~~~~
- (上接第 658 页)
- [5] Zhang Z, Zhang J, Wang Y, et al. Molecular detection of *Fusarium oxysporum* f. sp. *niveum* and *Mycosphaerella melonis* in infected plant tissues and soil[J]. FEMS Microbiology Letters, 2005, 249: 39-47.
- [6] Gao X, Jackson T A, Lambert K N, et al. Detection and quantification of *Fusarium solani* f. sp. *glycines* in soybean roots with Real-time quantitative polymerase chain reaction[J]. Plant Disease, 2004, 88(12): 1372-1380.
- [7] Nicolaisen M, Suproniene S, Nielsen L K, et al. Real-time PCR for quantification of eleven individual *Fusarium* species in cereals[J]. Journal of Microbiological Methods, 2009, 76:234-240.
- [8] 王树起,韩晓增,乔云发,等.长期施肥对东北黑土酶活性的影响[J].应用生态学报,2008,19(3):551-556.(Wang S Q, Han X Z, Qiao Y F. Effects of long-term fertilization on enzyme activities in black soil of Northeast China[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2008, 19(3):551-556.)
- [9] Leslie J F, Somervell B A. The *Fusarium* laboratory manual[M]. Blackwell Publishing Professional, Ames, Iowa, USA. 2006: 18-21.
- [10] 王拱辰,郑重,叶琪明,等.常见镰孢菌分类指南[M].北京:中国农业出版社,1996:1-97.(Wang Z C, Zheng Z, Ye Q M, et al. Guide to identification of common *Fusarium* species[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1996:1-97.)
- [11] 魏景超.真菌鉴定手册[M].上海:上海科学技术出版社,1979:492-515.(Wei J C. Manual of Fungus identification [M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Press, 1979: 492-515.)
- [12] Zhou J, Bruns M A, Tiedje J M. DNA recovery from soils of diverse composition[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1996, 62: 316-322.
- [13] 李志岗,宋东辉,王建明,等.耕层土壤镰刀菌单胞系的建立和基因组 DNA 的快速抽提[J].山西农业大学学报,2002,32(4):31-34.(Li Z G, Song D H, Wang J M, et al. Establishment of single conidial strains of *Fusarium* and rapid isolation their genomic DNA [J]. Journal of Shanxi Agricultural University, 2002, 32(4):31-34.)
- [14] Dorak M T. Real-time PCR[R]. Taylor & Francis Group, 2006: 41-45.
- [15] 沈萍,范秀容,李广武.微生物学实验[M].北京:高等教育出版社,1999:40-44.(Shen P, Fan X R, Li G W. Microbiology experiment[M]. Beijing: Higher Education Press, 1999: 40-44.)
- [16] Helle H, Susanne E. A resource-saving method for isolation of *Fusarium* and other fungi from individual soil particles[J]. Mycological Research, 1999, 103: 1545-1548.
- [17] 李海波,韩晓增,王凤.长期施肥条件下土壤碳氮循环过程研究进展[J].土壤通报,2007,38(2):384-388.(Li H B, Han X Z, Wang F. Review of soil carbon and nitrogen cycling under long-term fertilization[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2007, 38(2):384-388.)