

网络出版时间:2013-11-21 17:28

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20131121.1728.015.html>

黑液腐殖酸液体肥料对棉花生长及 土壤理化性质的影响

胡明芳,田长彦,王 平,赵振勇,王林霞

(中国科学院 新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态国家重点实验室,新疆 乌鲁木齐 830011)

【摘 要】 【目的】探讨黑液腐殖酸液体肥料(Humic acid liquid fertilizer, HALF)对棉花生长及土壤性质的影响,为其在棉花生产中的应用提供参考依据。【方法】通过网室-盆栽试验,以不施肥(CK)为对照,研究施用 A 型、B 型和 C 型 3 种 HALF 肥料(HALF-A、HALF-B、HALF-C),N、P、K 配施(NPK 处理)以及 N、P、K 与 HALF-C 配施对棉花地上部干物质积累、养分吸收和土壤养分含量等的影响。【结果】与 NPK 处理相比,施用 HALF 肥料能使棉花地上部干物质积累量提高 10.0%~65.8%,其中以 HALF-C 与 NPK 配合施用处理棉花生长最好。与 NPK 处理相比,施用 HALF 和 HALF-C+NPK 肥料使棉花地上部氮吸收量增加 24.3%~101.4%,磷吸收量增加 58.3%~100%,钾吸收量增加 10.1%~56.2%,但 3 种 HALF 肥料效应不同。施用合适的 HALF 肥料能显著降低土壤 pH 0.06~0.11,提高土壤有机质和土壤速效养分含量。【结论】3 种 HALF 肥料均能促进棉花生长,提高土壤养分含量,其中以 HALF-C 应用效果最好。

【关键词】 腐殖酸液体肥料;黑液;棉花;养分吸收

【中图分类号】 S562.062

【文献标志码】 A

【文章编号】 1671-9387(2013)12-0195-05

Effects of black liquor humic acid liquid fertilizer on cotton growth and physicochemical properties of soil

HU Ming-fang, TIAN Chang-yan, WANG Ping,

ZHAO Zhen-yong, WANG Lin-xia

(State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography,
Chinese Academy of Sciences(CAS), Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to investigate the effects of black liquor humic acid liquid fertilizer (HALF) on cotton growth and soil properties. 【Method】 Pot experiments in screen house were carried out to investigate the effects of three black liquor humic acid fertilizers (HALF-A, HALF-B, and HALF-C), N, P, K fertilizer (NPK treatment), combination of N, P, K fertilizer with HALF-C, and without fertilizer (CK) on cotton dry matter accumulation aboveground, nutrient uptake and soil fertility of cotton. 【Result】 Compared with NPK fertilizer, application of HALF fertilizers increased dry matter accumulation aboveground of cotton by 10.0%—65.8%, and combination of NPK and HALF-C was the best. Compared with NPK fertilizer, application of HALF and HALF-C+NPK fertilizer significantly increased N uptake, P uptake, and K uptake in aboveground part of cotton by 24.3%—101.4%, 58.3%—100%, and 10.1%—56.2%, respectively. However, the effects of HALF fertilizers were different. Application of HALF fertil-

〔收稿日期〕 2013-07-08

〔基金项目〕 国家高技术研究发展计划(“863”计划)项目(2012AA100604-6);国家自然科学基金项目(41171247);国家科技支撑计划项目(2011BAD29B06)

〔作者简介〕 胡明芳(1973—),女,江苏沛县人,助理研究员,硕士,主要从事干旱区绿洲生态研究。E-mail: hmf@ms. xjb. ac. cn

izers significantly reduced soil pH by 0.06—0.11, while increased organic matter and available nutrients in soil. 【Conclusion】 HALF fertilizers promoted the growth of cotton and improved the soil available nutrients. HALF-C fertilizer was the best.

Key words: humic acid liquid fertilizer (HALF); black liquor; cotton; nutrient uptake

施肥是棉花增产的主要技术措施之一,然而随着人们对棉花种植经济效益的追求不断提升,施肥量有不断加大的趋势^[1],如何降低肥料成本成为棉花生产面临的重要问题。

腐殖酸是有机质的重要组成部分,由于具有独特的化学组成和理化性质,其不仅能提高土壤肥力、改良土壤、刺激作物生长,而且还可以增强作物的抗逆性,改善农产品的品质^[2]。正因如此,腐殖酸在农业生产中的应用受到广泛关注,近几年来各种各样的腐殖酸肥料也相继在市场出现。造纸黑液的无害化处理一直是困扰造纸业发展的瓶颈之一,通过引入钾碱制浆及亚胺制浆工艺,将传统工艺中的有害废液转变为新型高效的腐殖酸有机肥料,成为解决造纸污染的一条良好途径^[3]。采用钾碱制浆及亚胺制浆工艺得到的黑液,将其去除钠离子等污染物后,可直接作为肥料原料,用于制备新型腐殖酸液体滴灌肥料,虽然制得的黑液腐殖酸液体肥料化学成分复杂,不同于其他滴灌肥料,但这种滴灌肥料使用简单,成本低,便于推广。目前,关于黑液腐殖酸液体滴灌肥料在棉花上的施用效果报道较少,故本试

验通过盆栽试验研究了其对棉花生长及土壤肥力的影响,以期腐殖酸肥料在棉花生产中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

1.1.1 供试肥料 3 种黑液腐殖酸液体肥料(Humic acid liquid fertilizer, HALF)分别为:A 型腐殖酸肥料(HALF-A),指用钾碱制浆黑液制备的腐殖酸液体肥料,其中添加无机养分;B 型腐殖酸肥料(HALF-B),指用亚胺制浆黑液制备的腐殖酸液体肥料,其中添加无机养分;C 型腐殖酸肥料(HALF-C),指腐殖酸液体肥料,其中未添加任何无机养分。3 种 HALF 由中国科学院过程工程所生化工程国家重点实验室研制,新疆天宏纸业股份有限公司生产,各项指标均符合农业部关于含腐殖酸水溶肥料的行业标准^[4]。3 种 HALF 肥料的养分含量见表 1。试验中 N、P、K 养分来源分别为分析纯级的硝酸铵、磷酸二氢钾、硫酸钾。

表 1 3 种黑液腐殖酸液体肥料的养分含量

Table 1 Nutrient contents of tested black liquor humic acid fertilizers g/kg

指标 Index	HALF-A	HALF-B	HALF-C	检测依据 Test basis
腐殖酸 Humic acid	28.2	20.1	20.1	HG/T 3276—1999 ^[5]
总氮 Total N	54.4	52.0	—	NY 1107—2006 ^[6]
总磷 Total P ₂ O ₅	32.6	34.2	—	NY 1107—2006 ^[6]
总钾 Total K ₂ O	23.5	22.0	—	NY 1107—2006 ^[6]

1.1.2 供试土壤 供试土壤为灌淤土,采自新疆乌鲁木齐县, pH 值 8.14, 养分含量如下:有机质 5.26 g/kg,全氮 0.58 g/kg,全磷 1.34 g/kg,全钾 18.65 g/kg,速效氮 58.56 g/kg,速效磷 72.8 mg/kg,速效钾 159.86 mg/kg。

1.1.3 供试棉花品种 试验采用的棉花品种为新陆早 35 号。

1.2 试验方法

采用网室-盆栽试验,设 CK、A、B、C、NPK、C+NPK 共 6 个处理,每处理重复 4 次,每重复 1 盆。6 个处理中,CK 不施任何养分;A、B、C 处理分别施用 HALF-A、HALF-B 和 HALF-C 3 种黑液腐殖酸液体肥料,用量均为 10 g/kg;NPK 处理施用氮、磷、钾

养分量与 A 处理中所含氮、磷、钾等量,N、P₂O₅、K₂O 用量分别为 0.54,0.33 和 0.24 g/kg;C+NPK 处理为 HALF-C 与 N、P₂O₅、K₂O 配施,施用量同前。试验中每盆装土 5 kg,黑液腐殖酸液体肥料与无机肥料全部基施,每盆定植 2 株棉花,生长期按质量法浇水。棉花出苗 70 d 时(花铃期),收获地上部棉花植株,杀青烘干称质量,并采集土壤样品。

1.3 测定项目与方法^[7]

棉花植株中全氮含量采用全自动定氮仪测定,全磷含量采用酸溶-钒钼黄比色法测定,全钾含量采用酸溶-火焰光度计法测定。土壤 pH 值用雷磁 pH 测定仪测定,有机质含量采用重铬酸钾容量法-外加热法测定,速效氮含量采用碱解蒸馏法测定,速效磷

含量采用 0.5 mol/L NaHCO₃ 浸提钼锑抗比色法测定,速效钾含量采用 NH₄OAc 浸提-火焰光度计法测定,总盐含量采用干渣法测定。

2 结果与分析

2.1 不同 HALF 肥料对棉花地上部分干物质积累与养分吸收的影响

棉花出苗 70 d 时,收获植株地上部分,测定棉花植株地上部分干物质积累量与养分吸收量,结果见表 2。由表 2 可知,与 CK 相比,施肥处理均显著增加了棉花地上部分干物质质量;与 NPK 处理相

比,3 种 HALF 肥料处理和 C+NPK 处理对棉花生长也表现出了显著的促进作用,其中以 C 型腐殖酸肥料与 NPK 配施效果最好,其次分别为 C、B、A 型腐殖酸肥料;C+NPK、C、B、A 处理棉花地上部分干物质质量较 CK 分别增加了 81.0%,55.7%,22.8%和 20.0%,较 NPK 处理分别增加了 65.8%,42.6%,12.5%和 10.0%。3 种黑液腐殖酸液体肥料中,C 型腐殖酸肥料处理地上部分干物质质量显著高于 A、B 型腐殖酸肥料,而 A 与 B 型肥料处理之间差异不显著。

表 2 不同 HALF 肥料对棉花地上部分干物质积累与养分吸收的影响

Table 2 Effects of black liquor humic acid fertilizers on dry matter accumulation and nutrients uptake of cotton

处理 Treatments	地上部分干物质 质量/(g·株 ⁻¹) Weight of cotton dry matter aboveground	养分吸收量/(mg·株 ⁻¹) Nutrient uptake		
		N	P	K
CK	7.63±0.05 a	0.038±0.005 a	0.005±0.001 a	0.069±0.003 a
NPK	8.33±0.04 b	0.070±0.003 b	0.024±0.002 b	0.089±0.002 b
A	9.16±0.10 c	0.087±0.003 b	0.038±0.002 c	0.112±0.005 c
B	9.37±0.08 c	0.091±0.004 bc	0.041±0.006 c	0.098±0.005 bc
C	11.88±0.11 d	0.110±0.008 c	0.021±0.003 b	0.102±0.004 bc
C+NPK	13.81±0.09 e	0.141±0.002 d	0.048±0.002 d	0.139±0.006 d

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note:Lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$). The same below.

由表 2 还可知,与 CK 相比,施肥处理均显著促进了棉花养分吸收与积累。与 NPK 处理相比,3 种 HALF 肥料处理和 C+NPK 处理棉花氮素吸收量增加了 24.3%~101.4%,钾吸收量增加了 10.1%~56.2%,A、B 及 C+NPK 处理磷吸收量分别增加了 58.3%,70.8%和 100%,其中 C 型腐殖酸肥料处理显著提高了棉花地上部分氮素吸收量,A、B 型腐殖酸肥料处理显著提高了棉花地上部分磷素吸收量,A 型腐殖酸肥料处理显著提高了棉花地上部分钾素

吸收量。N、P、K 吸收量均以 C+NPK 处理最高。
以上结果表明,3 种 HALF 肥料对棉花生长与养分吸收有显著的促进作用,但因 HALF 种类不同及营养元素含量的差别,其对棉花生长的影响并不完全一致。

2.2 不同 HALF 肥料对土壤理化性质的影响

为了进一步明确 3 种 HALF 的肥料效应,本试验对植株收获后盆栽土壤的理化性质进行了测定,结果见表 3。

表 3 不同 HALF 肥料对土壤理化性质的影响

Table 3 Effects of black liquor humic acid fertilizers on soil physical and chemical properties

处理 Treatments	pH	有机质/ (g·kg ⁻¹) Organic matter	总盐/ (g·kg ⁻¹) Total salt	速效氮/ (mg·kg ⁻¹) Available nitrogen	速效磷/ (mg·kg ⁻¹) Available phosphorus	速效钾/ (mg·kg ⁻¹) Available potassium
CK	7.91±0.03 c	5.15±0.09 a	2.09±0.03 b	49.2±3.8 a	58.70±3.4 a	65.27±4.2 a
NPK	7.30±0.05 b	5.23±0.05 a	3.18±0.05 c	65.8±5.1 b	128.40±5.9 c	157.13±6.7 b
A	7.19±0.04 a	8.80±0.11 c	5.51±0.11 e	78.5±4.9 c	286.43±6.5 e	395.33±11.0 d
B	7.24±0.09 a	8.89±0.10 c	4.56±0.09 d	82.4±5.4 c	229.75±7.3 d	274.03±8.4 c
C	7.42±0.10 b	9.69±0.12 d	1.29±0.07 a	68.3±2.0 b	84.80±4.2 b	150.15±5.0 b
C+NPK	7.35±0.06 b	6.19±0.08 b	2.31±0.05 b	88.7±5.2 c	110.33±4.9 c	165.40±9.0 b

由表 3 可以看出,棉花收获后土壤 pH 值以 CK 处理最高,为 7.91,施肥处理土壤 pH 值为 7.19~7.42,较 CK 显著降低了 0.49~0.72;与 NPK 处理相比,A、B 型 HALF 肥料处理土壤 pH 值分别显著

降低了 0.11 和 0.06,C 型 HALF 肥料处理和 C+NPK 处理土壤 pH 与 NPK 处理间差异不显著。NPK 处理土壤有机质含量与 CK 差异不显著;3 种 HALF 肥料对土壤有机质含量影响显著,其中以 C

型 HALF 肥料处理最高,其次为 B、A 型 HALF 肥料处理,其土壤有机质含量较 CK 分别增加了 4.54, 3.74,3.65 g/kg,较 NPK 分别增加了 4.46,3.66, 3.57 g/kg;C 型 HALF 肥料处理土壤有机质含量显著高于 A、B 型 HALF 肥料处理,后两者之间差异不显著。

由表 3 还可知,棉花收获后,不同处理土壤总盐含量变化较大。与 CK 相比,除了 C 型 HALF 肥料处理总盐含量显著降低外,其他处理均提高了土壤总盐含量。与 NPK 处理相比较,A、B 型 HALF 肥料处理显著提高了土壤总盐含量,C 型 HALF 肥料处理和 C+NPK 处理则显著降低了土壤总盐含量。

棉花收获后,3 种 HALF 肥料对土壤速效养分的影响不同。与 CK 相比,施肥处理均显著提高了土壤速效氮、磷、钾养分含量。与 NPK 处理相比,A、B 型 HALF 肥料显著提高了土壤速效养分含量,尤其对速效磷和速效钾的提高幅度较大,其中速效磷含量分别提高 123.1%,78.9%,速效钾含量分别提高 151.6%,74.40%;C 型 HALF 肥料处理速效磷含量显著低于 NPK 处理,速效氮与速效钾含量与 NPK 处理差异不显著。C+NPK 处理较 NPK 处理显著提高了土壤速效氮含量,对速效磷与速效钾含量影响不显著。

3 结论与讨论

面对当前土壤结构受到严重破坏、地力下降的现象,腐殖酸类物质作为一类可以开发利用的潜在有机资源,越来越受到国内外科技人员的重视。侯宪文等^[8]的研究表明,风化煤和糠醛渣中所含的有机酸及其分解产物对磷酸钙盐有溶解作用,可使植物难利用而积累量又较大的 Ca_{10} -P 向其他的有效态或缓效态磷转化。靳志丽等^[9]的研究发现,腐殖酸不仅能提高土壤有机质含量,酸化根际土壤,还可提高土壤中磷酸酶和蔗糖酶的活性,从而有利于提高土壤的生物学活性,促进土壤中微生物的活动以及养分的转化和释放。另有研究结果表明,施用腐殖酸类肥料可降低土壤的 pH 值,同时土壤的有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量升高,土壤体积质量下降^[10-11]。

本试验结果显示,3 种 HALF 肥料对提高土壤肥力和促进作物生长有积极作用。施用 HALF 肥料后,棉花地上部干物质质量较 CK 显著提高了 20.0%~81.0%,较 NPK 处理提高了 10.0%~65.8%。本试验条件下,以 C+NPK 处理棉花地上

部分干物质质量最高,其次分别为 C、B、A 型腐殖酸肥料。综合分析可以发现,3 种 HALF 肥料均提高了土壤有机质含量,降低了土壤 pH,促进了棉花对土壤养分的吸收与利用。不同之处在于,C 型 HALF 肥料的作用更主要体现在降低了土壤盐分含量,促进了棉花对氮素养分的吸收和利用;A、B 型 HALF 肥料则主要体现在促进了棉花磷、钾养分的吸收与利用。总体来看,以 C 型 HALF 肥料与 NPK 配施效果最优。与 C 型 HALF 肥料相比,施用 A、B 型 HALF 肥料虽然大幅提高了土壤速效磷、速效钾含量,但同时也大幅提高了土壤总盐含量,对作物生长的促进作用相对稍差。这可能与 3 种黑液腐殖酸来源不同,其化学性质与化学组成不同有关。

作为一种新型有机肥,黑液腐殖酸液体肥料具有在棉田滴灌中推广应用的潜力。但因不同来源的腐殖酸其化学组成和结构并不相同^[12-14],因此,在深入研究黑液腐殖酸液体肥料应用效果与影响因素的同时,也有必要对其复杂的化学成分及应用于农业生产后的环境效益进行深入研究与探讨。

[参考文献]

[1] 张炎,毛端明,王讲利,等.新疆棉花平衡施肥技术的发展现状[J].土壤肥料,2003(4):7-11.
Zhang Y,Mao D M,Wang J L,et al. Developing status of balanced fertilization technology of cotton in Xinjiang [J]. Soil and Fertilizer Sciences in China,2003(4):7-11. (in Chinese)

[2] 贺婧,颜丽,杨凯,等.不同来源腐殖酸的组成和性质的研究[J].土壤通报,2003,34(4):343-345.
He J,Yan L,Yang K,et al. Study on component and character of Humic Acids from different sources [J]. Chinese Journal of Soil Science,2003,34(4):343-345. (in Chinese)

[3] 肖路华.造纸工艺中黑液处理与资源化利用[J].化学工程与装备,2009(4):146-147.
Xiao L H. Black liquor treatment and resource utilization during papermaking process [J]. Chemical Engineering & Equipment,2009(4):146-147. (in Chinese)

[4] 国家化肥质量监督检验中心. NY 1106—2006 含腐植酸水溶肥料[S].北京:中国农业出版社,2006.
National Fertilizer Quality Supervision and Inspection Center . NY 1106—2006 Water-soluble fertilizer containing humic acid [S]. Beijing,China Agriculture Press,2006. (in Chinese)

[5] 上海化工研究所. HG/T 3276—1999 腐植酸铵肥料分析方法[S].北京:国家石油和化学工业局,1999.
Shanghai Chemical Research Institute. HG/T 3276—1999 Ammonium humate fertilizer analysis [S]. Beijing:National Bureau of Petroleum and Chemical Industry,1999. (in Chinese)

[6] 国家化肥质量监督检验中心. NY 1107—2006 大量元素水溶肥

料 [S]. 北京:中华人民共和国农业部,2006.

National Fertilizer Quality Supervision and Inspection Center. NY 1107—2006 Macronutrients water-soluble fertilizer [S]. Beijing:Ministry of Agriculture,2006. (in Chinese)

[7] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2008.

Bao S D. Soil agrochemical analysis [M]. 3rd Edition. Beijing: China Agriculture Press,2008. (in Chinese)

[8] 侯宪文,张 鸾,李美清. 腐殖酸类物质对土壤磷形态的影响 [J]. 山西农业大学学报,2005(3):255-256.

Hou X W,Zhang L,Li M Q. Effects of manure with humic acid (MHA) on inorganic phosphorus form in soil [J]. Journal of Shanxi Agriculture University,2005(3):255-256. (in Chinese)

[9] 靳志丽,刘国顺,聂新柏. 腐殖酸对土壤环境和烤烟矿质吸收影响的研究 [J]. 中国烟草科学,2002(3):15-18.

Jin Z L,Liu G S,Nie X B. The study on effect of humic acid on soil environment and absorbing ability to mineral material of flue-cured tobacco [J]. Chinese Tobacco Science,2002(3):15-18. (in Chinese)

[10] 蔡宪杰,杨义方,马永建,等. 腐殖酸类肥料对碱性植烟土壤 pH 及烤烟产量质量的影响 [J]. 中国农学通报,2008,24(6):261-265.

Cai X J,Yang Y F,Ma Y J,et al. Study on the effect of humus fertilizer on alkaline tobacco-planting soil pH and tobacco yield and quality [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin,2008,24(6):261-265. (in Chinese)

[11] 杨 凯,颜 丽,赵 凯,等. 外源腐殖酸对棕壤有机磷组分的影响 [J]. 土壤肥料,2005(5):32-34.

Yang K,Yan L,Zhao K,et al. Influence of composition of organic phosphorus on fertilizing outside source of humic acid in brown soil [J]. Soil and Fertilizer,2005(5):32-34. (in Chinese)

[12] 宋海燕,尹友谊,宋建中. 不同来源腐殖酸的化学组成与结构研究 [J]. 华南师范大学学报:自然科学版,2009(1):61-65.

Song H Y,Yin Y Y,Song J Z. The chemical composition and structure of humic acids from different environments [J]. Journal of South China Normal University:Natural Science Edition,2009(1):61-65. (in Chinese)

[13] Thomsen M,Lassen P,Dobel S,et al. Characterisation of humic materials of different origin amultivariate approach for quantifying the latent properties of dissolved organic matter [J]. Chemosphere,2002,49:1327-1337.

[14] Geyera W,Hemidia F,Bruggemanna A H,et al. Investigation of soil humic substances from different environments using TG-FTIR and multivariate data analysis [J]. Themochinica Acta,2000,361:139-146.

(上接第 194 页)

[17] 李铁冰,杨改河,王得祥. 江河源区的生态环境地位初探 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2006,34(9):109-114.

Li Y B,Yang G H,Wang D X. Environmental status of the source regions of Yangtze, Yellow and Lancang Rivers [J]. Journal of Northwest A&F University:Natural Science Edition,2006,34(9):109-114. (in Chinese)

[18] 李运涛. 浅谈农村庭院经济作用和生产经济模式 [J]. 安徽农业,1999(8):9-10.

Li Y T. A preliminary exploration of courtyard economy mode [J]. Anhui Agriculture,1999(8):9-10. (in Chinese)

[19] 郭 荣. 吕梁农村庭院生态经济模式初探 [J]. 山西水土保持科技,2003(2):14-15.

Guo R. Exploration of courtyard ecological economic mode in the villages of Lüliang [J]. Soil and Water Conservation Science and Technology in Shanxi,2003(2):14-15. (in Chinese)

[20] 董淑萍. 北方庭院生态农业工程模式及效益分析 [J]. 生态农业研究,1995,3(2):75-78.

Dong S P. Courtyard eco-agricultural engineering model and its beneficial results in North China [J]. Eco-Agricultural Research,1995,3(2):75-78. (in Chinese)

[21] 段秉礼,杨 发,李忠禄,等. 农村能源“四位一体”模式应用及其效益 [J]. 可再生能源,2002(6):43-44.

Duan B L,Yang F,Li Z L,et al. Applications of the “four status” energy mode in villages and its benefit [J]. Renewable Energy,2002(6):43-44. (in Chinese)

[22] 高照良,彭珂珊,张晓萍. 西部地区生态修复与退耕还林还草研究 [M]. 北京:中国文史出版社,2005.

Gao Z L,Peng K S,Zhang X P. Ecological restoration and reforestation research in west China [M]. Beijing:Chinese Literature Press,2005. (in Chinese)

[23] Yang Z,Zhang H L. Strategies for development of clean energy in China [J]. Petroleum Science,2008,5(2):183-188.

[24] 王光娟. 发展庭院经济 增加农户效益 [J]. 吉林农业科技学院学报,2005(2):11-13.

Wang G J. Developing garden economy and increasing income of farmers [J]. Journal of Jilin Agricultural Science and Technology College,2005(2):11-13. (in Chinese)

[25] 孙好勤. 新农村建设背景下的庭院经济战略转型 [J]. 农村经济问题,2006(7):54-56.

Sun H Q. Strategic transformation of courtyard economy in the background of new-type village construction [J]. Issues in Agricultural Economy,2006(7):54-56. (in Chinese)