

中国优势肥用植物资源潜力与利用

王正银

(西南农业大学资源与环境学院, 重庆 400716)

胡尚钦

(四川省农业科学院棉花研究所, 简阳 641600)

摘要: 将中国优势肥用植物初步划分为富氮型、富钾型、富硅型、富硼型、高腐殖化型和综合型, 并对其资源潜力进行分析。简要总结了我国肥用植物的利用现状, 提出开发该类植物资源的意义、原则和有效途径, 认为从稻草硅素生物有效性、肥用植物加工提取技术和优质商品肥方面加强研究, 可实现优势肥用植物的高效利用, 促进我国持续农业的发展。

关键词: 优势肥用植物; 资源潜力; 开发利用

中图分类号: S14·31 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)03-0049-05

Review on the potentiality and utilization of preponderant fertilizer plant resources in China

WANG Zheng-yin (College of Resources and Environmental Science, Southwest Agricultural University, Chongqing, 400716), HU Shang-qin (Institute of Cotton, Sichuan Agricultural Academy of Sciences, Jianyan 641600), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(3): 49~53

Abstract: Preponderant fertilizer plants used in China were divided into six main types i. e. rich nitrogen, rich potassium, rich silica, rich boron, high humus and comprehensive nutrition type by the authors and the resources potentiality of these plants was discussed. The authors summed up the utilization status, proposed the significance, principles and available ways for exploitation and suggested that studies on the bioavailability of silica in rice straw, the processing and extraction techniques of fertilizer plants and high quality commercial fertilizers should be strengthened. According to these measures it is possible to realize efficient utilization of preponderant fertilizer plants and promote the rapid development of sustainable agriculture in China.

Key words: preponderant fertilizer plants; resources potentiality; exploitation and utilization

面对人口、粮食、资源、环境与能源五大问题, 农业的可持续发展正受到世界各国政府和科学家的普遍关注与广泛重视。持续农业是现代农业发展的必然趋势, 也是 21 世纪世界农业生产的主要模式, 其基本特征是在强调农业发展的同时, 重视自然资源的合理开发利用与环境保护^[1]。中国农业必须走可持续发展的道路, 并以保持和提高耕地质量而不断提高单产为近期和长远目标来发展粮食生产, 这是中国农业目前仍以传统的绿色农业为优势、中低产田比重占 70%^[2]和耕地以每年 50×10^4 hm² 速度锐减^[3]的基本国情所决定的。中国几千年的传统农业依靠有机肥保证了农业的持续发展, 新中国成立后的数十年间, 探索出有机肥培肥地力、化肥大幅度增产(达 40%)之路, 二者配合施用是中国现代农业持续发展的重要施肥制度; 同时大力发展自己的化肥工业, 使化学肥料生产能力和施用量均跃居世界前列^[4]。随着化肥施用量的不断增加, 优质有机

肥的数量也应同步增长, 以保证有机肥与无机肥比例的协调和作物高产优质高效益。就目前中国施用的有机肥而言, 可初步划分为三大类, 即动物排泄物类、加工处理类和植物残体类。前两类有机肥的利用, 我国已有丰富的经验; 而对后一类以含碳素为主的植物性有机肥, 尚不能从持续农业和高效农业的战略高度来认识, 停滞于传统利用方式, 资源效益低。本文从优势肥用植物资源角度讨论植物残体类有机肥问题, 以期有益于我国持续农业的发展。

1 资源潜力

本文提及的“优势肥用植物”是指含某种养分

收稿日期: 1999-11-17

作者简介: 王正银, 男, 1953 年 8 月生, 四川剑阁人, 硕士, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事施肥原理与技术及肥料资源利用等研究。

(肥分)且生物学产量高、分布范围广、生产潜力大的栽培和野生植物。据此,传统栽培的豆科绿肥和水生绿肥、农作物秸秆、油籽残渣(饼肥)以及部分野生植物均属优势肥用植物。这类植物性有机肥,通常富含碳素、氮素或钾素,故又称优质有机肥。开发和高效利用此类肥料,对于提高我国有机肥质量和数量,培肥改良大面积中低产田,大幅度提高土壤有机质,促进物质良性循环,优化生态环境都有特殊的意义。

1.1 富氮型

富氮型肥用植物主要有豆科植物(豆科绿肥和豆类作物)、红萍〔*Azolla imbricata* (Roxb.) Nakai〕、串叶松香草(*Silphium perfoliatum* L.)、油籽残渣以及部分野生植物。我国普遍栽培的7科20属32种绿肥中,70%以上为豆科绿肥,其中紫云英(*Astragalus sinicus* L.)、苕子(*Vicia* sp.)、黄花苜蓿(*Medicago hispida* Gaerth.)等含氮量高达3.2%~3.8%,种植面积大,其中紫云英占总面积的60%^[4]。按全国种植面积 $1\ 000\times 10^4$ hm²计,可提供鲜草 2.25×10^8 t,氮素 113×10^4 t,相当于5个大型尿素厂的产量。红萍是一种繁殖系数高、有较强固氮能力的水生蕨类植物,萍体含氮量高达4.28%^[5]。在适宜的气候下,红萍鲜草年产量可达30 t/hm²,如果有 $1\ 000\times 10^4$ hm²稻田放养红萍,可获得生物氮肥 3×10^8 t。串叶松香草系多年生宿根性新型饲草绿肥作物^[6],生物学产量高达150~300 t/(hm²·a),含氮量>3%。此外,还有含氮量3.4%~7.0%的大豆残渣和棉籽残渣,以年产 $1\ 700\times 10^4$ t、平均含氮5%计,可提供氮素 85×10^4 t,这类氮素养分对改善作物品质有利。野生植物中富氮者以固氮植物桤木(*Alnus cremastogyne* Burkill)等为最高,含氮量可达3%以上。

1.2 富钾型

富钾植物也称高钾植物或生物钾肥。胡笃敬等^[7]从湖南30种野生、水生和栽培植物中筛选出20种含钾(K₂O)>3%的高钾植物,其中含钾>6%的有4种,4%~6%的8种,含钾最高者为空心莲子草(水花生)〔*Alternanthera philaxeroides* (Mart.) Griseb〕,达5.88%~11.69%。樊发聪等发现“三水”绿肥〔水浮莲(*Pistia strati* L.)、水葫芦(*Eichhornia crassipes* Solms.)、水花生〕干叶含钾量为5.81%~6.20%,全株含钾4.60%~5.91%,每

公顷每年收获的干物质可回收钾768~1 520 kg^[8]。在广西的37种绿肥和野生绿肥中,小葵子(*Helianthus debilis* Nutt.)为富钾植物^[9];据山东莱阳150种野生植物含钾量测定结果,有21种富钾植物(含K₂O 2.2%~5.0%),其中6种含钾4%~5%,除茨菇(*Sagittaria sagittifolia* L.)为水生植物外,其余5种生长在瘠薄的荒地^[10],具有规模开发潜力。籽粒苋(*Amaranthus hypochondriacus* L.)植株含钾6.0%~11.06%(平均7.68%),年生物产量达30~45 t/hm²,是四川盆地最有潜力的有机钾肥资源^[11]。此外,葡萄(*Vitis* L.)叶、烟草(*Nicotiana tabacum* L.)茎秆、甘薯〔*Ipomoea batatas* (L.) Lam.〕蔓叶、马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)茎叶含钾3%~7.32%,也是不可忽视的钾肥资源。

1.3 富硅型

水稻(*Oryza sativa* L.)是典型的富硅植物,其茎叶含硅量(SiO₂)达到10%~20%^[4],即使在含硅较低土壤上生长的稻株含硅量也高达6.03%~8.17%^[12]。我国现有稻田年产稻草超过 1.8×10^8 t^[13],无疑是一个巨大的硅肥源。此外栽培植物中,燕麦(*Avena sativa* L.)、大麦(*Hordeum vulgare* L.)、小麦(*Triticum aestivum* L.)、甘蔗(*Saccharum officinarum* L.)、玉米(*Zea mays* L.)等含硅2%~4%,尚有少数野生植物如棕榈科(Palmae)、木兰科(Magnoliaceae)、桑科(Moraceae)、榆科(Ulmaceae)和山毛榉科(Fagaceae)的一些植物含硅量也较高^[4]。植物中的硅90%以上为硅胶形态(SiO₂·2H₂O),对作物的有效性低,需经分解转化才能为植物吸收利用。但是,与我国现行的矿质硅肥黄磷炉渣、粉煤灰、炼钢炉渣相比,植物性硅肥却有其独特的优点:无重金属污染,伴随大量有机碳和钾素。

1.4 富硼型

已知自然界中含硼最高的植物是具有乳液的双子叶植物蒲公英(*Taraxacum mongolicum* Hand.-Mazz.) (80.8 mg/kg)和罂粟(*Papaver somniferum* L.) (94.7 mg/kg),其次是双子叶植物肥田萝卜(*Raphanus sativus* L.)、莴苣(*Lactuca sativa* L.)、甜菜(*Beta vulgaris* L.) (64.5~75.6 mg/kg)等^[14]。这些植物中,以肥田萝卜(又称满园花)最具开发优势。我国南方现有绿肥资源中,以“三水一萍”含硼最高(34.76~46.49 mg/kg),其次是黄花

苜蓿、黄花草木樨 [*Melilotus officinalis* (L.) Desr.]、田菁 [*Sesbania cannabina* (Retz.) Poir.]，含硼 31.63~38.67 mg/kg^[15]。植物秸秆中，油菜 (*Brassica napus* L.) 秆含硼量高达 22.8 mg/kg，比麦秆、玉米秆和稻秆高 8~28 倍^[16]；我国年产 0.2×10^8 t 油菜秆^[13]，若将 50% 作为秸秆还田，便可有效地解决需硼较多的棉花、油菜的硼素营养不足问题。

1.5 高腐殖化型

高腐殖化有机物有利于提高土壤有机质。据测定，我国各种农用植物性有机物中，绿肥红萍的腐殖化系数高达 0.51，其次是高粱秆为 0.45，稻秆、小麦秆、玉米秆为 0.35~0.40。植物残体的腐殖化系数与其 C/N 比关系很大，但更受木质素含量制约。因此，高木质素含量的绿萍 (20.2%)、高 C/N 比的麦秆 (80~100) 和玉米秆 (51) 可作为高腐殖化型肥用植物，其中麦秆和玉米秆资源潜力大，我国每年分别可产出 1.09×10^8 t 和 1.55×10^8 t^[13]。

1.6 综合型

水生绿肥红萍为最典型的综合型肥用植物，不仅含碳高、富集水体中钾素能力强、含钾高，而且高腐殖化，在农业物质循环中具有多重作用。稻草是富硅型植物残体，但在农业实践中广泛作生物钾肥施用，主要是其钾素水溶出率高^[17]。油菜籽残渣富含氮素，且所含芸苔素较高，可对植物生长产生刺激作用。此外“三水”绿肥系富钾植物，也富含硼素。

2 利用现状

2.1 富氮型植物

我国对富氮的豆科绿肥种植和利用已积累了丰富的经验，作肥用直接翻压的适宜时期、数量、次数、方式都有量化参数，基本弄清了绿肥腐解矿化规律及其限制因子，并且总结出绿肥与化学氮肥、磷肥、钾肥配施的数量、比例和方法，对发展我国粮食生产起了重要作用。但是，80 年代以来，由于无机肥料施用量的显著增加和农业种植结构的调整，绿肥种植面积由 70 年代的 $1\,200 \times 10^4$ hm² 下降到不足 800×10^4 hm²。近年来，因偏施化学氮肥，磷、钾比例失调，土壤肥力降低，绿肥面积又有所恢复，稻田放养红萍是我国稻田生态系统的重要组成部分。我国农民习惯以油籽残渣类高氮有机肥作烟草、果瓜

类蔬菜、果树等经济作物的基肥或有机无机肥配合施用，不仅增产，而且大大改善品质，增值效果十分显著。

2.2 生物钾肥

生物钾肥的利用是近年来研究和推广的农业技术之一。生物钾肥系指吸钾能力强、耐贫钾环境、高(富)钾含量的植物和秸秆的农业利用^[18,19]。富钾植物空心莲子草、稻秆、红萍和野生绿肥 [商陆 (*Phytolacca acinose* Roxb.)、小葵子、小藜 (*Chenopodium aldim* L.) 等] 作生物钾肥施用于水稻、玉米、花生和棉花等，对其钾素营养、增产作用和土壤钾素平衡均有重要影响，不仅明显提高作物含钾量和土壤供钾水平，而且使水稻和玉米增产 20% 以上，使棉花和花生增产 13%~17%；生物钾肥相当于等量化学钾肥肥效的 93%~96%，可见生物钾肥有较高可溶性^[17]。

2.3 野生植物

我国农业上以幼嫩野草、灌木枝叶作绿肥的历史悠久，近年来在野生植物肥用方面除大范围筛选和应用富钾植物外，还提取多种植物汁液进行试验研究。例如，杂草香附子 (*Cyperus rotundus* L.)、曼陀罗 (*Datura stramonium* L.)、刺儿菜 (*Cephalanoplos segetum* L.) 的提取物对水稻的效果最好；而曼陀罗提取物极显著提高盆栽小麦产量，其原因是该提取物能提高作物根系活力，增强光合作用，调节酶活性和促进营养物质吸收、运输和代谢^[20,21]。在对 20 种野生植物筛选的基础上，用 3 种植物提取物对玉米、绿豆、水稻等作物进行浸种、砂培和土培试验，结果发现作物生物效应与提取物种类(激素型、营养型和过渡型)、浓度以及作物种类有关^[22,23]。

2.4 秸秆还田

秸秆还田是农民普遍应用的肥田措施，其方式有堆沤还田、过腹还田、直接还田(翻压、覆盖)和烧灰还田，利用的秸秆大多为稻草、玉米秆、麦秆和油菜秆，目的是培肥地力(沃土)，提高土壤有机质数量和品质，改善土壤理化和生物学性状，平均增产 10% 以上^[17]。目前我国已制定出秸秆还田技术规程^[24]，对秸秆种类与还田数量、方法，绿肥和化肥配合以及避免产生有害物质的具体措施作出规定。

3 开发前景

3.1 开发优势肥用植物资源的战略意义

植物性有机肥通常具有营养全面、成本低、无毒、无害等特点,对发展绿色食品,满足人们对无公害食品的要求,保护生态环境具有深远意义。秦玉川等提出生产AA级绿色食品农产品允许施用的5种肥料中,有3种(秸秆、绿肥、饼肥等)属植物性有机肥^[25]。我国持续农业的发展,有机肥支持系统具有十分重要的作用,建立永续利用的有机肥系统,充分利用可更新的生物资源,特别是优势肥用植物资源,既有农业利用的广谱性(例如秸秆还田),避免过量施用化学肥料对土壤、作物、水体、大气的污染和危害,为有效解决我国 $3\ 000 \times 10^4$ hm²耕地有机质严重不足提供物质基础;也能解决区域农业发展的营养障碍因子(利用富养分植物残体),达到物尽其用,实现农业生态环境的优化和资源的高效持续利用。

3.2 优势肥用植物资源开发利用的原则

3.2.1 以肥为主,一物多用 任何一种优势肥用植物的开发利用,都应以肥用为主,肥饲兼用,兼顾保持水土、美化环境,实现植物资源的多功能、多效益和最大利用价值。

3.2.2 营养作物,优质高产 针对区域农业土壤微量元素突出问题,开发相应优势肥用植物,优肥优用,坚持油籽残渣(菜籽饼等)优先用于瓜果类蔬菜、果树、烤烟等高附加值名、特、优、新作物上,以保证品质优良。

3.2.3 方式多样,经济高效 发展优势肥用植物应坚持短期速生与多年生植物相结合,旱生与水生植物相结合,草本与木本植物相结合,豆科与非豆科植物相结合,耕地种植(栽培植物)与荒坡隙地种植(野生植物)相结合等多种方式。利用上则因地制宜,采用翻压、覆盖、沤制、发酵、提取、有机无机复合施用等多种方式,以达到高效益。

3.2.4 生态优化,持续发展 充分利用荒坡裸地种植优势肥用植物,在农林复合体中适当配置木本绿肥以一年收割多次和多年收割作肥用,合理利用水面,养殖优势肥用水生植物,既促进农业生态环境优化,又建立多层次优势肥用植物资源库,满足农业持续发展的需要。

3.3 扩大肥用植物资源的有效途径

3.3.1 高效益优势肥用植物系统的构建 结合发展生态农业,优选和建立优势肥用植物系统。就我国的现状,对富氮植物拟采用串叶松香草、紫云英(或苕子)、桤木(湿地);富钾植物选用籽粒苋、空心莲子草、红萍、商陆;富硼植物可采用“三水”绿肥作物和肥田萝卜。以这些植物作基础与作物秸秆肥用资源相结合,组建适宜的高效益优势肥用植物系统。

3.3.2 有计划恢复和扩大种植豆科绿肥和放养水生绿肥 近年来我国绿肥种植面积不足 800×10^4 hm²,且产量不高。虽原因较多,但利用方式单一,经济效益低是主因。应立足发展生态农业、持续农业统筹规划和布局,选择优势豆科绿肥品种,接种新型高效优势根瘤菌株,以提高固氮效率和鲜草产量。稻田养萍应当重视,水生绿肥的养殖应重点向江、河、湖、库扩展,结合净化水质优化水生生态系统。例如长江三峡水库的重庆段,大坝建成后将有数百公里的净水域,且极可能富营养化^[26],如果适量养殖水生绿肥,集生态、环保、肥料、饲料于一体,一举多得。

3.3.3 提高复种指数,增加秸秆还田数量 在我国南方,改一熟、二熟为三熟,既提高作物籽实产量也可增加秸秆数量30%以上^[27]。在生活燃料缺乏的地区,应坚持作物收获时留高茬,增加秸秆直接还田数量;坚持发展沼气,解决好能源问题,促进秸秆高效间接还田。

3.3.4 继续筛选和繁育优势肥用野生植物 我国各地对富钾野生植物的筛选和应用成效明显,但是有计划地大规模集约化种植利用尚不普遍,以致这类优势植物资源潜力尚未充分发挥,应当加以充分重视。同时应继续研究和筛选优势氮、钾和生理活性型野生植物,加大对自然植物资源库的开发和利用力度。

3.4 加强优化资源利用方式研究

3.4.1 稻草中硅素生物有效性的研究 稻草富含硅素,直接回田能否有效矫治我国 $1\ 100 \times 10^4 \sim 2\ 000 \times 10^4$ hm²水稻缺硅,迄今尚无系统研究。有资料表明,稻田Eh、pH、有机酸对土壤有效硅有显著影响,稻草有机物中的硅对作物有效性较高^[28]。因此开展稻草硅释放的动力学及其影响因素研究,对于提高其肥用价值、开发利用植物性硅肥具有重要意义。

3.4.2 加工提取技术研究 肥用野生植物水提取物、醇提取物的研究已有报道,但涉及植物甚少。近年来欧洲推广的一种液体叶面肥,其主要成分为矿质元素和植物提取物,植物提取物以多种植物为原料,该肥对作物具有营养、抗逆等多种作用,值得我国借鉴。对肥用植物资源的利用,可用发酵剂加速其有机养分(C、N、P等)的分解,提高利用效率^[29],也可加入铁、锌、锰氧化物发酵后制成有机无机螯合微肥新产品,这种新型微肥能促进作物对养分的吸收,且抗病效果好^[30]。

3.4.3 优质商品肥研究 研制以植物材料为氮、钾源生产的全有机颗粒复合肥,将有利于我国绿色食品蔬菜、水果等的生产。植物残体作原料生产的有机无机复合肥,特别适用于我国有机质含量低的土壤,它将是我国复合肥料发展的主要方向之一,其前景极为广阔。

参考文献

- [1] 卢良恕. 21世纪的农业和农业科学技术[J]. 中国农学通报, 1997, 13(1): 58~65.
- [2] 戴小枫, 包建中, 程高祥. 三色农业——中国农业发展的必由之路[J]. 中国农学通报, 1996, 12(2): 6~7.
- [3] 张宝文. 我国农业持续发展的问题与对策[J]. 中国农学通报, 1997, 13(6): 3~5.
- [4] 中国农科院土肥所主编. 中国肥料[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1994. 114~155, 495~511.
- [5] 农业部科技司主编. 中国南方农业中的钾[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 86~89.
- [6] 王正银, 曾仁兴. 串叶松香草生物量和营养成分动态及其对土壤理化性质的影响[J]. 应用与环境生物学报, 1999, 5(1): 16~21.
- [7] 胡笃敬, 杨敏元, 刘国华. 富钾植物研究[J]. 湖南农学院学报, 1980, (4): 5~13.
- [8] 樊发聪, 杨荣生. 自然水中钾元素含量及“三水”富集钾元素的能力[J]. 江苏农业科学, 1983, (1): 35~37.
- [9] 王先乐, 岑华, 韦京耀, 等. 富钾绿肥——小葵子的筛选及其应用[J]. 土壤通报, 1986, 17(2): 64~67.
- [10] 李明良, 李承志, 王庆义, 等. 富钾野生植物筛选及其应用简报[J]. 莱阳农学院学报, 1988, 7(2): 131~133.
- [11] 梁敦富. 大力发展富钾绿肥籽粒苋——缓解我省钾源短缺问题的新途径[J]. 土壤农化通报, 1995, 10(2): 29~32.
- [12] 翟光贵, 薛碧秀. 四川水稻施硅增产效应研究[A]. 见: 中国植物营养与肥料学会编. 现代农业中的植物营养与施肥[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 216~217.
- [13] 崔彦宏, 贾一青, 李伯航. 农作物秸秆的开发与综合利用[A]. 见: 马小方主编. 两高一优农业[M]. 北京: 中国商业出版社, 1996. 706~710.
- [14] 陆景陵主编. 植物营养学(上册)[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1994. 60~63.
- [15] 杨玉爱, 薛建明. 有机肥料含碳量及其对土壤碳的影响[A]. 见: 农牧渔业部农业局主编. 微量元素肥料研究与应用[M]. 武汉: 湖北科学技术出版社, 1986. 297~306.
- [16] 林心雄, 文启孝. 秸秆利用对土壤肥力的影响[A]. 见: 中国土壤学会主编. 中国土壤科学现状与展望[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1991. 122~131.
- [17] 刘更另主编. 中国有机肥料[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 20~22, 112~142, 182~184.
- [18] 沈中泉, 郭云桃, 刘良学, 等. 生物钾肥的增产作用及对土壤钾平衡的影响[J]. 土壤学报, 1988, 25(1): 31~39.
- [19] 胡笃敬, 董任瑞, 葛旦之. 植物钾营养的理论与实践[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 1993. 228~251.
- [20] 张建新, 翟丙年. 几种杂草提取物对作物生长的影响[J]. 西北农业学报, 1993, 2(2): 40~41.
- [21] 翟丙年, 赵伯善. 曼陀罗提取物促进作物生长的效果及机理研究[A]. 见: 徐明岗主编. 现代土壤科学研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1994. 484~489.
- [22] 王正银, 李联铁, 姚伟, 等. 三种野生植物汁液对作物营养效应及机理研究[A]. 见: 中国农学会主编. 中国青年农业科学学术年报(B卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 500~503.
- [23] 王正银, 李联铁, 王勇德, 等. 野生植物汁液对作物营养效应的研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 110~115.
- [24] 曾木祥. 秸秆直接还田技术规程[J]. 土壤肥料, 1995, (4): 1~7.
- [25] 秦玉川, 杜相苹, 刁青云, 等. AA级绿色食品生产程序研究[A]. 见: 中国农学会主编. 中国青年农业科学学术年报(A卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 597~601.
- [26] 赖守梯. 搞好水土保持是保证三峡库区持续发展的头等大事[J]. 山区开发, 1997, (增刊): 7~8.
- [27] 黄国勤. 中国南方作物秸秆资源及其开发利用[A]. 见: 马小方主编. 两高一优农业研究[M]. 北京: 中国商业出版社, 1996. 700~705.
- [28] 魏朝富, 杨剑虹, 高明, 等. 紫色水稻土硅有效性研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1997, 3(3): 229~236.
- [29] 张洪金, 宫玉芝, 赵永勋, 等. 有机肥发酵剂的研制及其对有机肥发酵效果的研究[A]. 见: 中国农学会主编. 中国青年农业科学学术年报(B卷)[M]. 北京: 中国农业出版社, 1997. 514~518.
- [30] 杨玉爱, 王珂, 叶正钱, 等. 有机无机螯合微肥增效作用及生物效应研究[A]. 见: 中国植物营养与肥料学会编. 现代农业中的植物营养与施肥[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1995. 188~191.

(责任编辑: 宗世贤)