

# 低碳农业研究进展

魏斌,张灵菲,葛庆征,张卫国,江小雷

(兰州大学草地农业科技学院 草地农业生态系统国家重点实验室,甘肃 兰州 730020)

**摘要:**低碳农业是低碳经济在农业发展中的实现形式,发展低碳农业除了秉承低碳经济的内涵之外,关键在于提高农业生态系统对气候变化的适应性并降低农业发展对生态系统碳循环的影响,维持生物圈的碳平衡。本研究在阅读大量文献的基础上,对低碳农业的概念、低碳农业的特点、低碳农业的发展现状、草地生态系统中的碳循环及低碳农业发展存在的问题及对策进行了综述,以期为我国低碳农业及草业的发展提供参考。

**关键词:**低碳农业;草地生态系统;固碳减排;碳汇

**中图分类号:**S19      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2012)04-0528-06

2003年,英国政府在能源白皮书《我们能源的未来:创建低碳经济》中首次提出“低碳经济”<sup>[1]</sup>,2009年12月哥本哈根世界气候大会让低碳经济成为全球热点,受到各方面的高度关注。遏制气候变暖、拯救地球家园是全人类的共同责任。每个国家、民族和个人都应该本着对全人类负责的态度,高度重视应对气候变化问题,都应该责无旁贷地行动起来,转变传统的消费模式、发展方式和价值观念,走低碳发展的道路,最终实现人与自然的和谐发展<sup>[2]</sup>。低碳意味着环保、节能减排,意味着传统产业结构的调整、能源结构的优化和低碳产业的发展,意味着生产、生活方式和价值观念的转变。

## 1 低碳农业的概念

低碳经济是以低能耗、低排放和低污染为基础的绿色经济模式<sup>[3-5]</sup>。低碳经济形式上为减少温室气体排放,实质上是经济发展方式、能源消费方式、人类生活方式的一次新变革。它将全方位地改造建立在化石燃料(能源)基础之上的现代工业文明,转向生态经济和生态文明。低碳经济的本质就是通过产业部门的协作努力,最大可能地减少温室气体的排放,实现温室气体与经济“脱钩”。农业作为国民经济基础产业,经历了原始农业阶段、传统农业阶段和现代工业化农业阶段,而以能源、机械、化肥、农药等投入要素为基础的现代工业化农业过程对生物多样性和生态环境构成了严重威胁,因此,发展低碳农业势在必行。通过发展低碳农业,温室气

体排放得以减少,进而发挥农业在发展低碳经济中的作用,以此实现现代农业由高碳农业向低碳农业的转型。

低碳农业是低碳经济的一个重要领域,是低碳经济在农业发展中的实现形式。低碳农业是指在农业生产、经营中排放最少的温室气体,同时获得整个社会最大效益的技术,即:通过提高农业的碳汇能力和减弱农业的碳源能力,实现农业源温室气体净排放不断减少的目标。发展低碳农业除了秉承低碳经济的内涵之外,要突出资源高效利用、绿色产品开发、发展生态经济,还要突出科技进步、产业升级、固碳减排,其关键在于提高农业生态系统对气候变化的适应性,同时降低农业发展对生态系统碳循环的影响,维持生物圈的碳平衡<sup>[6-8]</sup>。低碳农业即生物多样性农业<sup>[9-10]</sup>,是为维护全球生态安全、改善全球气候条件而在农业领域推广节能减排技术、开发生物质能源和可再生能源的新型农业<sup>[11-12]</sup>,是一种全新的以低能耗、低排放和低污染为基础的现代绿色农业经济发展模式<sup>[13]</sup>。它不仅提倡少施化肥、农药,进行高效的农业生产,而且更注重农业生产整体过程中能耗的减少和低碳的排放。

低碳农业是相对于当前高能耗、高排放、高污染的现代工业化农业而提出的新型农业<sup>[14]</sup>。现代工业化农业生产过程中,化肥农药的广泛使用,农膜农具的随意废弃,机械运作的大量排放,无一不是高能耗、高排放、高污染的行为。低碳农业旨在减少化学

收稿日期:2011-05-03      接受日期:2011-06-30  
基金项目:国家自然科学基金项目(30770333);国家科技支撑项目(2009BAC53B04)  
作者简介:魏斌(1986-),男,四川南充人,在读硕士生,主要从事草地生态学研究。E-mail: weib10@lzu.edu.cn  
通信作者:江小雷 E-mail: jiangxl@lzu.edu.cn

农药的使用,开发并使用生物农药,恢复生物多样性;减少化肥的施用,进行高效绿色的生产,保护生态环境;优化能源结构,发展新型和可再生能源,降低化石能源的消耗,节能减排,遏制全球气候变暖。据联合国粮农组织(FAO)估计,低碳农业系统可以抵消约80%的因农业过程导致的温室气体排放量,无需生产工业化肥,每年可为世界节省1%的石油能源,而不再使用这些化肥还能降低30%的农业排放<sup>[15]</sup>。资源与环境是农业生产的自然基础,资源匮乏、环境保护、生态建设等现实困惑都要求人们必须发展低碳农业。低碳农业的本质是生态农业经济,建立循环经济发展模式,有利于缓解资源贫乏的压力,实现农业的可持续发展<sup>[16]</sup>。

## 2 低碳农业发展现状

根据《哥本哈根协议》,世界各国陆续向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交或通报了2020年的减排目标。其中挪威承诺的减排幅度最大,目标是到2020年在1990年的基础上减排30%~40%;美国承诺到2020年在2005年基础上减排17%;日本承诺到2020年在1990年基础上减排10%~20%;俄罗斯承诺到2020年在1990年基础上减排20%~25%;中国承诺到2020年在2005年的基础上将单位GDP的CO<sub>2</sub>排放量减少40%~45%;印度承诺到2020年单位GDP的CO<sub>2</sub>排放比2005年下降20%~25%<sup>[17]</sup>。为实现这些目标,各国不仅在工业上做出了重大改革和调整,而且对农业也给予了空前的重视和关注。政府间气候变化专门委员会(IPCC)新近指出,对地球大气最近250多年观察表明,温室气体主要来源于化石燃料、土地开发和农业生产3个方面,而且农业过程占总排放量的1/3左右,其中约25%为CO<sub>2</sub><sup>[18]</sup>。

农业是处于环境与发展冲突最前沿的一个基础产业<sup>[19]</sup>,它既是温室气体排放的主要来源之一,其本身也受到气候变化的严重影响<sup>[20]</sup>。对此,世界各国采取了许多有效措施,开展了各种形式的低碳农业发展模式。印度克什米尔地区开展的自适应农业模式,不但可以减少农业投入和生产成本,提高农用地生产力,还可以减缓气候变化对农业生产的影响<sup>[21]</sup>;美国和加拿大倡导的固碳农业,不仅可固定大气中的CO<sub>2</sub>和CH<sub>4</sub>,减少土壤碳的投入,而且还有利于提高生产力<sup>[22-23]</sup>;以奶业闻名于世的新西兰,采用家庭式季节性有机放牧模式,机械和能源投入

相对较少,极大地节约了生产成本,高效低碳,使其奶制品出口达90%,奶产业跻身于世界前列<sup>[24]</sup>;南美诸如巴西、智利、墨西哥和委内瑞拉等国,广泛建立种植园,生产木材,以生物燃料代替化石燃料,同时也减轻因造纸等行业对热带雨林的破坏,取得了良好的成效<sup>[25]</sup>;以色列是世界上水和耕地资源最匮乏的国家之一,但其采用先进的理念、管理和技术,开展节水农业和精致农业,不仅自给自足,其农产品还出口其他国家和地区,成为世界上资源节约型农业的典范<sup>[26]</sup>;墨西哥低碳农业发展的研究认为,生物燃料的利用是农业部门对低碳的最大贡献<sup>[27]</sup>。之外,还有研究表明,与农业相关的减排,主要来自于反刍动物CH<sub>4</sub>排放量的减少,其次为水稻(*Oryza sativa*)的CH<sub>4</sub>排放和化肥的温室气体排放量的减少。更有学者<sup>[28-30]</sup>提出,发展低碳经济既是技术经济问题,还是制度与体制问题。

我国作为一个农业大国,经济的快速增长和未来能源需求的膨胀导致温室气体排放面临巨大压力<sup>[31]</sup>。我国不仅是世界上农业气象灾害多发地区,各类自然灾害连年不断,农业生产始终处于不稳定状态,而且也是一个人均耕地资源占有少、农业经济不发达、适应能力非常有限的国家。现代农业的高投入、高能耗,虽然可大幅提高产量,但代价沉重,给人类带来前所未有的“四大危机”:环境污染危害、农产品残毒危害、受能源制约的危害、农业可持续发展的危害。据2004年《中华人民共和国气候变化初始国家信息通报》统计数据显示<sup>[32]</sup>，“我国每年生产农用化学品、化学种植业、化学畜禽水产养殖业折合消耗标准煤1.4亿t,相当于排放CO<sub>2</sub>12.54亿t,占全国温室气体排放总量的34.32%。”面对这一严峻形势,在“坚持节约资源和保护环境的基本国策,以控制温室气体排放、增强可持续发展能力为目标,以保障经济发展为核心,以节约能源、优化能源结构、加强生态保护和建设为重点,以科学技术进步为支撑,不断提高应对气候变化的能力,为保护全球气候做出新的贡献”的指导思想下,制定了“通过继续推广低排放的高产水稻品种和半旱式栽培技术,采用科学灌溉技术,研究开发优良反刍动物品种技术和规模化饲养管理技术,加强对动物粪便、废水和固体废弃物的管理,加大沼气利用力度等措施,努力控制CH<sub>4</sub>排放增长速度;通过继续实施植树造林、退耕还林还草、天然林资源保护、农田基本建设等政策措

施和重点工程建设,努力实现森林覆盖率达到20%,力争实现碳汇数量比2005年增加约0.5亿t CO<sub>2</sub>”的农业温室气体控制目标<sup>[33]</sup>。据此目标,开展了以“节能减排,恢复生态”为核心的低碳农业发展模式。通过发展资源能源节约替代、集约复合种养、生态旅游、高效减灾及农业废弃物循环利用等多种低碳型农业生产经营模式,以及免耕、节水、增施有机肥、病虫害生物防治、新型农作物育种等技术措施的推进,实现农业科学技术的创新和突破,增加科技对农业发展的贡献率和比较效益,应对未来我国农业发展所面临的巨大挑战<sup>[34]</sup>。

### 3 草地生态系统中的碳

草业科学是研究草地农业生态系统的科学,草业是农业的一种特殊形态。它涵盖了从草地资源到草地农业生产的草地农业的生态与生产的全过程的理论和技术,是大农业科学的一个分支<sup>[35]</sup>。草地生态系统作为全球分布最广的生态类型,是农业自然自源的重要组成部分,其能量流通与物质循环对全球气候变化具有重大影响<sup>[36-37]</sup>。草地拥有强大的碳汇功能,草地对土壤碳汇的影响主要通过增加土壤碳库和植被碳库来实现。草地植物通过光合作用将大气中的CO<sub>2</sub>固定并将其以有机物的形式储存在植被和土壤中,对于固碳减排,缓解全球气候变化有重要贡献<sup>[38]</sup>。因此,发展低碳农业不能忽视草地生态系统中碳的作用。据德国全球变化咨询委员会(WBGU)估计<sup>[39]</sup>,全球陆地生态系统的碳储量有46%在森林中,23%在热带和温带草原中。世界永久性草地面积为24亿hm<sup>2</sup>,约为全球陆地总面积的1/5<sup>[40]</sup>,我国拥有各类天然草原近4亿hm<sup>2</sup>,约占国土面积的41.7%<sup>[41]</sup>。根据IPCC<sup>[42]</sup>的报告,草地固碳量为1.3 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,以此推算,我国草地每年可固碳约5.2亿t,折合CO<sub>2</sub>19亿t,可抵消我国全年CO<sub>2</sub>排放总量的30%<sup>[43]</sup>。草地碳汇不仅功能强,而且还拥有自己的特色。据Post等<sup>[44]</sup>对全球草原生态系统碳储量所做的估算,平均碳储量约为569.6 Pg,其中植被层为72.9 Pg,土壤层为496.6 Pg。Ni<sup>[45]</sup>应用碳密度法并结合相关调查数据对我国草原碳储量进行了估算,数据显示,我国草原总碳储量为44.09 Pg,其中植被层为3.06 Pg,土壤层为41.03 Pg,即地下部分的碳储量远大于地上部分,说明草原生态系统与森林等其他陆地生态系统不同,没有固定而明显的地上碳库,所固定的碳绝大部分

贮存于地下土壤中<sup>[46-47]</sup>。这就意味着,当遭遇火灾等大规模毁灭性灾害时,草原生态系统释放到大气中的碳仅为其固定的碳的很少一部分,远小于其他陆地生态系统。这是草原生态系统碳汇的一大特色,也是草地生态系统实现固碳减排的一大优势。

草地生态系统碳循环过程主要包括碳素的输入,地上、地下生物量中的碳固定,土壤中有有机碳的贮存,土壤呼吸作用(包括土壤微生物呼吸、活根系呼吸和土壤动物呼吸等生态过程)中碳的排放等环节。此过程受气候变化及人类活动的极大影响。在各种陆地生态系统中气候变化将首先对草地生态系统产生影响,其中降水和温度季节配置方式的潜在变化对草地生物学过程(如植物生产力、养分的生物地球化学循环)产生的影响比各气候要素总量的变化更加重大。研究表明,气候变化对草地碳循环的影响是多方面的。作为碳素输入主要途径的初级生产力主要取决于温度和降水量的大小及其季节配置。因此,温度和降水量,尤其是其季节配置方式的改变会直接影响到草地初级生产力的规模和碳素输入量的水平。温度和降水量是造成土壤有机质分解速率的主要因素,气候变化又会对草地土壤中碳素的贮量产生重大影响,这对于整个碳循环而言尤为重要<sup>[48]</sup>。

气候变暖增加草地土壤水分蒸发,促进植物蒸腾作用<sup>[49-50]</sup>,加剧草地退化,由此产生的水分胁迫降低植被的固碳能力,从而导致草地生产力下降<sup>[51]</sup>。降水增加则改善土壤的水分供给条件,增强光合速率,从而提高生产力,增加固碳量。人类活动如草地开垦、过度放牧、火烧等对草地碳循环过程有明显的影响。草地开垦主要导致土壤中有有机碳的大量损失。研究表明<sup>[52-53]</sup>,草地开垦为农田后会损失掉土壤中碳素总量的30%~50%,大量损失发生在开垦后的最初几年,20年后趋于稳定。放牧是最常见的草地利用形式,也是人类对草地施加的最为广泛的干预方法。过度放牧是天然草地退化的主要原因,草地退化导致生产力下降和土壤有机碳减少;过度放牧可促进草地土壤的呼吸作用,从而加速碳素由土壤向大气中的释放。就全世界草地而言,在过度放牧下地上净初级生产力中仅有20%~50%能够以凋落物和粪便的形式归还土壤<sup>[54]</sup>。降低牧压、退牧还草、草原围栏、禁牧休牧轮牧等保护性管理措施能有效遏制草地退化,逐步提高草地固碳能力<sup>[55-56]</sup>。

## 4 结语

低碳农业是农业发展历史上的又一次革命。低碳农业不仅是一个理论体系,也是一个技术体系,更是一种思想。尽管我国在低碳农业领域做出了不懈努力,但是,无论是理论上,还是从实践的范围来看,都不够深入。尚存在农业生产方式不尽合理、低碳意识有待提高、理论创新缓慢、发展模式有待丰富的问题;低碳技术滞后,新型技术有待研发等问题尚待解决。此外,我国草地生态系统碳循环研究基本上还处于起步阶段,现有的研究虽然为农业生态系统碳循环研究奠定了一定的基础,但其中的部分研究成果与低碳农业实践的结合并不十分紧密,有关碳循环的研究还存在诸多薄弱环节。因此,要确保低碳农业的顺利发展,需要切实发挥农民的主体作用、政府的主导作用、技术的支撑作用和国际合作的桥梁作用。我国要根据各地区的实际情况,探索发展低碳农业的模式和思路。发展低碳农业不仅是我国农业本身可持续发展的需要,而且也是我国应对气候变化的战略选择。所以,应当把发展低碳农业作为发展低碳经济的重要内容,从而深化对低碳经济的认识,并完善低碳经济的体系,进而为我国顺利实现高碳农业向低碳农业的转型奠定坚实的基础。

## 参考文献

- [1] Secretary of state for trade and industry. Energy white paper, our energy future: Creating a low carbon economy[R]. London: TSO, 2003.
- [2] 孙翠花. 中国低碳发展与应对气候变化的政策和行动[J]. 世博直线, 2010(5): 34-35.
- [3] 张坤民. 低碳世界中的中国: 地位、挑战与战略[J]. 中国人口与资源与环境, 2008, 18(3): 0001-0007.
- [4] 李明贤. 我国低碳农业发展的技术锁定与替代策略[J]. 湖南农业大学学报(社会科学版), 2010, 11(2): 1-11.
- [5] 贺顺奎. 低碳农业: 农业现代化的必然选择[J]. 贵阳学院学报(自然科学版), 2010, 5(3): 39-41.
- [6] 李志萌. 我国低碳农业发展探讨[J]. 福建农林大学学报(哲学社会科学版), 2010, 13(4): 22-25.
- [7] 季学明, 季学生, 林建永. 我国经济转型与发展低碳农业的宏观思考[J]. 农业展望, 2010, 41(9): 21-26.
- [8] 黄璜. 我国低碳农业发展现状与对策[J]. 作物研究, 2010, 24(4): 0215-0217.
- [9] 孔箐铤, 靳佩贞. 低碳背景下的农业生物多样性保护思考[J]. 中国农学通报, 2010, 26(21): 297-300.
- [10] Niggli U, Fließbach A, Hepperly P, *et al.* Low greenhouse gas agriculture: Mitigation and adaptation potential of sustainable farming systems [R]. Rome: High-Level Conference on World Food Security, 2008.
- [11] 李晓燕, 王彬彬. 四川发展低碳农业的必然性和途径[J]. 西南民族大学学报(人文社会科学版), 2010(1): 103-106.
- [12] Balat M, Balat H. Recent trends in global production and utilization of bio-ethanol fuel[J]. Applied Energy, 2009, 86: 2273-2282.
- [13] 孙超. 关于低碳农业的几点思[J]. 农业经济, 2010(8): 23-24.
- [14] 杨中柱. 发展我国低碳农业的思考[J]. 作物研究, 2010, 24(4): 252-257.
- [15] 朱小雯. 气候变化威胁粮食安全, 低碳农业应运兴起[J]. 农村经济与科技, 2009(10): 57-58.
- [16] 王昀. 低碳农业经济略论[J]. 中国农业信息, 2008(8): 12-15.
- [17] 郑爽. 《哥本哈根协议》现状与气候谈判前景[J]. 中国能源, 2010, 32(4): 19-23.
- [18] 曾以禹, 陈卫洪, 李小军. 国外发展低碳农业的做法及其启示[J]. 世界农业, 2010(10): 59-63.
- [19] 骆世明. 中国多样的生态农业技术体系[J]. 自然资源学报, 1995, 10(3): 225-231.
- [20] Lippert C, Krimly T, Aurbacher J. A Ricardian analysis of the impact of climate change on agriculture in Germany[J]. Climatic Change, 2009, 97(3): 593-610.
- [21] Bangroo S A, Kirmani N A, Ali T, *et al.* Adapting agriculture for enhancing eco-efficiency through soil carbon sequestration in agro-ecosystem [J]. Research Journal of Agricultural Sciences, 2011, 2(1): 164-169.
- [22] Morgan J A, Follett R F, Allen L H, *et al.* Carbon sequestration in agricultural lands of the United States [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2010, 65(1): 6A-13A.
- [23] Bolinder M A, Janzen H H, Gregorich E G, *et al.* An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 118: 29-42.
- [24] Rosin C, Campbell H. Beyond bifurcation: Examining the conventions of organic agriculture in New Zealand [J]. Journal of Rural Studies, 2009, 25: 35-47.
- [25] Yevich R, Logan J A. An assessment of biofuel use and burning of agricultural waste in the developing world[J]. Global Biogeochemical Cycles, 2003, 17(4): 1095-1135.

- [26] Roman L M, Maas F D. A letter of introduction to Israel's agriculture[J]. *Israel Agriculture*, 1980(4):1-4.
- [27] Johnson T M, Alatorre C, Romo Z, *et al.* Low-carbon development for Mexico[M]. Washington DC: World Bank Publications, 2010.
- [28] Simon S, Wiegmann K. Modelling sustainable bioenergy potentials from agriculture for Germany and Eastern European countries[J]. *Biomass and Bioenergy*, 2009, 33:603-609.
- [29] Walker K J, Preston C D, Boon C R. Fifty years of change in an area of intensive agriculture: plant trait responses to habitat modification and conservation, Bedfordshire, England[J]. *Biodiversity and Conservation*, 2009, 18(13):3597-3613.
- [30] McHenry M P. Agricultural bio-char production, renewable energy generation and farm carbon sequestration in Western Australia: Certainty, uncertainty and risk[J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2009, 129:1-7.
- [31] 唐海明, 汤文光, 肖小平. 中国农田固碳减排发展现状及其战略对策[J]. *生态环境学报*, 2010, 19(7):1755-1759.
- [32] 国家发展和改革委员会, 联合国开发计划署. 中华人民共和国气候变化初始国家信息通报[R]. 2004.
- [33] 国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化国家方案[R]. 2007.
- [34] 赵其国, 钱海燕. 低碳经济与农业发展思考[J]. *生态环境学报*, 2009, 18(5):1609-1614.
- [35] 任继周. 草地农业生态系统通论[M]. 合肥: 安徽教育出版社, 2004.
- [36] 钟华平, 樊江文, 于贵瑞. 草地生态系统碳蓄积的研究进展[J]. *草业科学*, 2005, 22(1):4-11.
- [37] 周涛, 史培军. 土地利用变化对中国土壤碳储量变化的间接影响[J]. *地球科学进展*, 2006, 21(2):138-143.
- [38] Schimel D S, House J I, Hibbard K A, *et al.* Recent patterns and mechanisms of carbon exchange by terrestrial ecosystems[J]. *Nature*, 2001, 414:1669-1721.
- [39] WBGU Special Report. The accounting of biological sinks and sources under the Kyoto Protocol: A step forwards or backwards for global environmental protection[R]. 1998.
- [40] Scurlock J M O, Hall D O. The global carbon sink: a grassland perspective [J]. *Global Change Biology*, 1998(4):229-233.
- [41] 中华人民共和国农业部畜牧兽医司, 全国畜牧兽医总站. 中国草地资源[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [42] IPCC. The Scientific Basis (Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change)[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [43] 刘加文. 应对全球气候变化决不能忽视草原的重大作用[J]. *草地学报*, 2010, 18(1):01-04.
- [44] Post W M, Peng T H, Emanuel W R, *et al.* The global carbon cycle[J]. *American Scientist*, 1990, 78:310-326.
- [45] Ni J. Carbon storage in grasslands of China [J]. *Journal of Arid Environment*, 2002, 50:205-218.
- [46] 章力建, 刘帅. 保护草原——增强草原碳汇功能[J]. *中国草地学报*, 2010, 32(2):1-5.
- [47] 闫玉春, 唐海萍, 常瑞英. 长期开垦与放牧对内蒙古典型草原地下碳截存的影响[J]. *环境科学*, 2008, 29(5):1388-1393.
- [48] Suttie J M, Reynolds S G, Batello C. Grasslands of the World[R]. Rome: FAO, 2005:1-16.
- [49] Huntington T G. Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis[J]. *Journal of Hydrology*, 2006, 319:83-95.
- [50] Wan S, Luo Y, Wallace L L. Changes in microclimate induced by experimental warming and clipping in tallgrass prairie[J]. *Global Change Biology*, 2002, 8:754-768.
- [51] 李镇清, 刘振国, 陈佐忠, 等. 中国典型草原区气候变化及其对生产力的影响[J]. *草业学报*, 2003, 12(1):4-10.
- [52] Canadell J G. Land use effects on terrestrial carbon sources and sinks[J]. *Science in China (Series C)*, 2002, 45:1-9.
- [53] Yao M K, Angui P K T, Konaté S, *et al.* Effects of land use types on soil organic carbon and nitrogen dynamics in Mid-West Côte d'Ivoire[J]. *European Journal of Scientific Research*, 2010, 40(2):211-222.
- [54] Ingram L J, Stahl P D, Schuman G E, *et al.* Grazing impacts on soil carbon and microbial communities in a mixed-grass ecosystem[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 2008, 72(4):939-948.
- [55] 华娟, 赵世伟, 张扬, 等. 云雾山草原区不同植被恢复阶段土壤团聚体活性有机碳分布特征[J]. *生态学报*, 2009, 29(9):4613-4619.
- [56] He N P, Yu Q, Wu L, *et al.* Carbon and nitrogen store and storage potential as affected by land use in a *Leymus chinensis* grassland of Northern China [J]. *Soil Biology and Biochemistry*, 2008, 40:2952-2959.

## Advances on research of low-carbon agriculture

WEI Bin, ZHANG Ling-fei, GE Qing-zheng, ZHANG Wei-guo, JIANG Xiao-lei

(College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University;

State Key Laboratory of Grassland Agro-ecosystems, Lanzhou 730020, China)

**Abstract:** Low carbon economy is becoming a global focus problem since World Climate Conference in Copenhagen in December 2009. Low-carbon economy is an economic model which is based on low energy consumption, low emissions and low pollution. Low-carbon agriculture is a form of low carbon economy in agriculture, which is not only improving the agro-ecosystem adaptation to climate change, but also reducing the influence of agricultural development on the ecosystem carbon cycle, and maintaining the carbon balance of the biosphere. Reviewing recent literature on the subject, the concept and characteristic of low-carbon agriculture, the status of low-carbon agricultural development, the carbon situation of grassland ecosystems, the problems and strategies in low-carbon agricultural development are discussed. This review will be a valuable reference source for research of low carbon agriculture and grassland ecosystem and will promote carbon sequestration and mitigation research in China.

**Key words:** low-carbon agriculture; grassland ecosystem; carbon sequestration and mitigation; carbon sink

Corresponding author: JIANG Xiao-lei E-mail: jiangxl@lzu.edu.cn

## 2012年3月国内市场主要畜产品与饲料价格分析

猪肉批发价西部分别高于东、中部 2.6%、3.4%；牛肉批发价中部分别高于西、东部 8.3%、9.6%；羊肉批发价东部分别高于中、西部 5.1%、12.0%；鸡肉批发价西部分别高于中、东部 5.8%、17.0%；鸡蛋批发价东部分别高于中、西部 2.0%、5.3%。进入 3 月份，猪肉、牛肉、羊肉批发价格有所下跌，环比分别下降 13.6%、0.9%、1.7%；鸡肉批发价格有上涨，环比上涨 5.8%；鸡蛋批发价格环比下降 8.6%。

玉米价格东部分别高于中、西部 4.6%、7.4%；大豆价格西部分别高于东、中部 0.1%、0.1%；豆粕价格西部分别高于中、东部 1.2%、4.1%。玉米价格环比下降 2.0%，而大豆、豆粕的价格环比分别上涨 2.2%、3.3%。

表 1 3月国内市场主要畜产品批发价格 元·kg<sup>-1</sup>

畜产品	东部地区	中部地区	西部地区	平均
猪肉	21.21	21.05	21.77	21.34
牛肉	35.47	38.86	35.87	36.73
羊肉	46.93	44.67	41.89	44.50
鸡肉	14.25	15.75	16.67	15.56
鸡蛋	6.97	6.83	6.62	6.81

表 2 3月国内市场主要饲料价格 元·t<sup>-1</sup>

饲料	东部地区	中部地区	西部地区	平均
玉米	2 427	2 320	2 260	2 336
大豆	4 028	4 027	4 030	3 943
豆粕	3 115	3 203	3 242	3 187
棉粕	2 575	2 800	2 267	2 547

(兰州大学草地农业科技学院 王化)