

设施农用地扩张的环境效应研究进展

杨红超^{1,2}, 王筱明¹, 于伯华^{2*}

(1. 山东师范大学人口·资源与资源学院, 山东济南 250014; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

摘要 设施农用地是高强度土地利用模式的典型代表, 持续、单一、集约的土地利用方式所带来的负面效应对周围环境产生了明显影响。该研究从水环境、土壤环境、区域气候等 3 个方面对设施农用地扩张带来的环境效应研究成果进行了总结。指出了目前该领域研究的不足: 对设施农用地扩张的环境效应研究重视不够, 研究成果分散、研究视角单一, 缺少综合性研究。今后应加强研究设施农用地扩张的水文水环境效应研究; 在土壤环境效应研究方面, 应提高采样的深度, 分析设施农用地长期使用所引发的土壤环境风险, 分析设施农用地内部不同用地方式和类型所引起的土壤养分和金属离子的时空分布特征; 加强设施农用地扩张对区域气候的影响研究, 重点加强设施农用地的增温效应研究。

关键词 设施农用地; 环境效应; 综合研究

中图分类号 S28 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)28-11567-03

Research Progress on Environment Effects of the Expansion of Facility Agricultural Land

YANG Hong-chao et al (College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Ji'nan, Shandong 250014)

Abstract The facility agricultural land use is a typical representative of highly intensive land use pattern and is proved to have negative effects on the local environment. The major achievements and progresses in the research on the water, soil and regional climate effects resulted from the facility agricultural lands' expansion were summarized. Finally, possible problems and future research issues were discussed. The research should be strengthened on hydrology water environmental effect of facility agricultural land expansion, soil environment risk by long-term use of facility agricultural land, spatial-temporal distribution characteristics of soil nutrients and metal ions caused by different land use ways and types of facility agricultural land, effects on local climate and calefaction.

Key words Facility agricultural land; Environmental effect; Comprehensive research

近年来, 以高投入、高产出、集约经营为显著特点的设施农业得到迅速发展, 而作为设施农业发展的载体——设施农用地面积亦随之不断增加。据农业部统计, 1980 年我国设施菜地尚不足 0.67 万 hm^2 , 20 世纪 90 年代中期便已跃居世界第一; 2007 年达到 336.67 万 hm^2 , 28 年间增长了 500 多倍^[1]。在一些设施农业发达的地区, 设施农用地已经成为区域主要的农业土地利用类型。山东省寿光市的设施农业是全国发展最快、最典型的地区之一。2009 年寿光市设施农用地的面积达 2.79 万 hm^2 ^[2], 占耕地总面积的 30.20%。

与传统农业相比, 现代设施农业通过工程技术手段为植物的生长提供相对可控制甚至最适宜的温度、湿度、光照、水肥和气等环境条件, 是一种人为活动更剧烈的土地利用方式。目前, 针对农业设施内部小环境的控制与变化的研究积累了丰富的成果, 但是在区域层次上设施农用地的大面积扩张所带来的环境效应研究较少, 这与设施农用地和生态环境之间的负责关系及其发展趋势不符。因此, 开展设施农用地扩张对环境的影响研究对调控设施农业发展过程中的土地资源的利用方式和过程、减少设施农业发展对环境的负面影响、实现区域可持续发展有着重要的实践意义。

1 设施农用地的环境效应研究进展

土地利用和生态环境之间存在着复杂的、非线性的反馈关系^[3]。设施农用地作为高强度土地利用的代表, 其对周边环境的影响更加明显和深入。这种影响主要体现在设施农

用地的长时间利用和面积扩展对水资源和水环境、土壤环境以及区域气候的影响等方面。

1.1 设施农用地扩张对水资源和水环境的影响 设施农用地利用对水资源影响存在“一消一长”两方面: 一方面, 农业设施阻断了作物和地表的蒸散发过程, 提高了水资源的利用效率; 另一方面, 设施农业改变了区域热量条件, 使得设施农用地一年四季均处于持续的农业生产过程中, 使得设施农用地的用水量要显著高于一般农地。再者, 设施农业延长了作物的生育期, 使单季用水量增加。比如, 露地黄瓜从播种到收获结束大约是 90~150 d, 而设施栽培的越冬黄瓜生育期可达 8~10 个月^[4]。研究表明, 设施蔬菜的灌溉需水量为 4 200 m^3/hm^2 , 远远高于同地区小麦的 2 400 m^3/hm^2 和玉米的 600 m^3/hm^2 用水量^[5], 也比小麦-玉米轮作的一般农田高 40%。综合来看, 设施农用地的需水量显著高于一般农地, 设施农用地的扩张将加剧水资源的消耗。

设施农用地对区域水体环境影响显著^[6]。研究表明, 土地利用变化已被认为是水质变化的一个重要原因^[7]; 而耕地中设施农用地的比重越大, 非点源污染增加的趋势越明显^[8-9]。对北京平原农区的调查表明, 种植多年的设施农用地的地下水污染程度远远重于其他地区, 43 块设施农用地的氮、磷超标率达 100%^[10]。Aguilar 等人发现比利时以设施农业为代表的集约农业对白垩系含水层的地下水水质的影响显著; 若不采取有效措施, 在未来 10~70 年内地下水水质会进一步恶化^[11]。

1.2 设施农用地扩张对土壤的影响 国内外的设施农用地对土壤质量的影响研究主要集中在土壤酸化与次生盐渍化、土壤养分的变化以及重金属污染等方面。研究表明, 设施农用地与露天菜地、自然土相比存在明显的土壤酸化与次生盐

基金项目 国家自然科学基金(41171079, 40701046)。

作者简介 杨红超(1990-), 女, 山东聊城人, 硕士研究生, 研究方向: 土地变化的环境效应, E-mail: yanghongchao2011@163.com。
* 通讯作者, 助理研究员、博士, 从事土地利用与环境整治研究, E-mail: yubh@igsnr.ac.cn。

收稿日期 2013-08-29

渍化的现象^[12]。设施土壤 pH 随着种植年限的增加而逐渐降低,而土壤全盐量和主要盐离子含量的变化则表现出与 pH 相反的趋势^[13]。对设施土壤中盐离子的含量进行研究发现, K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 的变化是土壤全盐总量随种植年限变化的主要原因^[14]。土壤酸化与次生盐渍化会破坏土壤的孔隙结构等物理性状,降低团聚作用,造成土壤板结、养分失衡^[15],使蔬菜产量和品质下降。造成这一现象的原因有 2 个:①由于设施农业的化肥施用量远远高于普通农田,加之设施栽培条件下土壤缺少雨水淋洗,使得未被吸收利用的肥料残留在土壤层中并逐年累积^[16]。②设施农用地独特的水分运行方式也是土壤次生盐渍化产生的重要原因。虽然灌溉可以引起设施土壤中水分在耕作层内自上而下运动,但由于设施内部温度相对较高,土壤蒸发和植物蒸散量较大,耕层内土壤水分以自下而上运动为主^[17-18],导致盐分在土壤表层积聚,使土壤出现酸化、次生盐渍化现象,成为设施农业可持续发展的限制因素。

土地利用由传统农田变为设施农用地改变了土壤养分的分布特征和迁移过程^[19]。国内关于这一方面的研究主要从土地利用方式^[20]、设施种植年限^[21]角度来分析土壤有机质、大量元素、中量元素及微量元素的变化情况,并在此基础上探讨各养分含量间的相关关系^[22]。研究表明,高投入和利用集约的特点,使得设施农用地的大部分养分含量明显高于其他农用地类型^[23]。通过对不同种植年限设施农用地的土壤养分含量的测定,发现随着种植年限的增加,土壤中有有机质及氮磷钾等养分含量逐渐累积,但在 8~10 年间会达到最高值,之后随着种植年限的延长,各养分含量会有所下降^[24]。其主要原因是由于土壤中肥料尤其是氮肥施用过多,导致硝态氮在土壤表层的积聚^[25],引起土壤酸化和次生盐渍化,土壤结构被破坏,蓄肥保肥能力下降,导致养分含量下降。

土壤重金属污染已成为世界性环境问题之一^[26],它使得土壤质量下降,威胁人类生存环境和健康,对人类社会可持续发展起到阻碍作用。由于污水灌溉、农药化肥的大量使用以及农用薄膜残留等使得设施农用地中的 Cr、Pb、As、Ni、Cd、Hg 等重金属含量与相邻农田相比均有一定程度的累积^[27];尽管累积的重金属尚未达到危险的程度^[28-31],但其随种植年限增加而累积的潜在风险必须予以关注。

1.3 设施农用地扩张对大气成分和区域气候的影响 设施农用地利用过程中,氮肥的过度施用以及温室加热所燃烧的化石燃料使得 CO、CO₂、N₂O、SO₂ 等气体排放到大气中^[32],改变了大气组成,进而影响碳、氮循环过程。Dyer 等认为加拿大蔬菜生产过程中因温室加热产生的 CO₂ 排放量是进口同等数量蔬菜运输过程中产生 CO₂ 排放量的 2 倍^[33]。对于不需要温室加热器的地区,研究发现温带地区的温室大棚碳汇能力是一般农地 8.6 倍,亚热带地区的是 1.3 倍^[34]。Moiser 等认为农业氮肥投入以及农产品的消耗过程是大气中 N₂O 浓度增加的重要因素之一,影响着全球系统的氮循环^[35]。Riya 等发现蔬菜大棚中施肥后的 N₂O 排放量要明显

高于施肥前^[36]。上述研究是设施农用地利用过程中改变大气成分的有力证据;但这些研究也有其局限性,主要表现在相关研究多集中在案例区,缺乏足够的数据积累,难以定量分析设施农用地利用对改变全球大气成分变化的贡献率。

设施农用地的地面保护物(塑料薄膜等)在改变温室内部的热量条件^[37-39]的同时,也改变了下垫面的性质,进而影响区域气候。目前国内关于温室内温度变化规律^[40]、小气候环境^[41]、室外气候(尤其是极端恶劣气候)对温室大棚内作物生产的影响等积累了丰富的成果,但是针对设施农用地这一土地利用方式对区域气候环境的影响研究较少,为数不多的研究也只是对二者关系做简单的推测。肖清华等分析了寿光设施农业发展前后的气候变化趋势和不同季节的演变特征,指出寿光市自设施农业大规模种植以后气候变化有别于其他县市,可能与寿光大规模的保护地栽培有关系^[42]。尽管设施农用地利用与区域气候变化之间的确切关系还没有学者进行定量的研究,但土地利用/覆被变化对气候影响的研究成果颇丰,可以借鉴。

2 问题与展望

2.1 现有研究存在的不足 设施农用地扩张的环境效应研究仅处于起步阶段,许多方面的研究甚至是空白,且现有研究成果分散于土地利用、土壤、水文水环境和农学等领域,缺乏集成和综合。这是因为设施农用地属于区域层次上的土地利用类型,在全球或者国家尺度上所占的比例较小,无论其利用规模还是集约利用程度怎么变化,对全球环境变化影响都不大。但是在设施农业比较发达的区域层次上,设施农用地带来的环境问题不容忽视。另外,目前关于设施农用地环境效应的研究视角有限,主要集中在土壤养分和设施内部小气候的研究,方法单一,得出的结论也仅适合所研究对象的小范围区域内,适应性较差。

2.2 未来应重点加强的研究方向

2.2.1 设施农用地的水文水环境效应研究。 水文水循环过程在设施农用地养分循环和物质运移过程中发挥重要作用。设施农用地的需水量大,又有着与一般农地不一样的水资源循环过程,这就决定了设施农用地的水文水环境效应研究在整个环境效应研究中的基础地位。未来应加强一般农田转换为设施农用地过程中的需水量、蒸散发、汇流以及淋溶变化等方面的研究;加强设施农用地利用对水质的影响,分析养分及金属离子在土壤水中的运移过程和时空特征。

2.2.2 设施农用地的土壤环境效应研究。 主要集中在两方面:一是设施农用地长期使用所引发的土壤环境风险,这就要求土壤环境效应研究不能局限于土壤表层和较短的监测周期,而应提高采样深度和延长监测时间;二是不同类型设施农用地土壤环境效应的异质性研究,分析设施农用地内部不同用地方式和类型所引起的土壤养分和金属离子的时空分布特征,为指导农业生产、降低和减缓环境风险提供依据。

2.2.3 设施农用地的气候效应研究。 由于设施农用地面积小、下垫面复杂、参数化难度大,各尺度的气候模式普遍没有模拟设施农用地扩展的气候效应。事实上,设施农用地的区

域增温效应明显,而且随着社会经济的发展,人们对反季节蔬菜、水果的需求逐渐增多,设施农业的面积将会进一步扩大,设施农业的气候效应将日益突出,监测和评估设施农用地的气候效应是今后的重要方向之一。主要任务是分析设施农用地近地表气温的时间变化规律和空间分布特征,进而分析区域气候变化中设施农用地增温所占的比重,并为区域气候模式参数精细化提供数据支撑。

参考文献

- [1] 农业部种植业司经作处. 全国蔬菜重点区域发展规划(2009-2015年)[Z]. 2009.
- [2] 寿光市统计局. 寿光统计年鉴[M]. 寿光市统计局, 2009.
- [3] 杜习乐, 吕昌河, 王海荣. 土地利用/覆被变化(LUCC)的环境效应研究进展[J]. 土壤, 2011(3): 350-360.
- [4] 史永利. 高效节能日光温室蔬菜规范化栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 2010.
- [5] 杨增文. 寿光市水资源可持续利用研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- [6] LICHTENBERG E JR, STRAND I, LESSLEY B. Subsidizing Agricultural Nonpoint-Source Pollution Control: Targetting Cost Sharing & Technical Assistance[J]. Natural Resource Management and Policy, 1993, 1: 305-327.
- [7] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向[J]. 地理科学, 2004(5): 627-633.
- [8] 李俊然, 陈利顶, 郭旭东, 等. 土地利用结构对非点源污染的影响[J]. 中国环境科学, 2000(6): 506-510.
- [9] 宋述军, 周万村. 岷江流域土地利用结构对地表水水质的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2008(5): 712-715.
- [10] 刘宏斌, 李志宏, 张云贵, 等. 北京平原农区地下水硝酸盐污染状况及其影响因素研究[J]. 土壤学报, 2006(3): 405-413.
- [11] BATLLE AGUILAR J, ORBAN P, DASSARGUES A, et al. Identification of groundwater quality trends in a chalk aquifer threatened by intensive agriculture in Belgium[J]. Hydrogeology Journal, 2007, 15(8): 1615-1627.
- [12] 李建国, 濮劭杰, 朱明, 等. 土壤盐渍化研究现状及未来研究热点[J]. 地理学报, 2012(9): 1233-1245.
- [13] 曾希柏, 白玲玉, 苏世鸣, 等. 山东寿光不同种植年限设施土壤的酸化与盐渍化[J]. 生态学报, 2010(7): 1853-1859.
- [14] 陈碧华, 杨和连, 李亚灵, 等. 不同种植年限大棚菜田土壤水溶性盐分的变化特征[J]. 水土保持学报, 2012(1): 241-245.
- [15] 史静, 邓玉龙, 张乃明, 等. 云南设施土壤盐分累积特征研究[J]. 土壤, 2009(6): 921-925.
- [16] 余海英, 李廷轩, 周健民. 设施土壤次生盐渍化及其对土壤性质的影响[J]. 土壤, 2005(6): 581-586.
- [17] 李海云, 王秀峰, 邢禹贤. 设施土壤盐分累积及防治措施研究进展[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2001, 21(4): 538.
- [18] 张金锦, 段增强. 设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展[J]. 土壤, 2011(3): 361-366.
- [19] 傅伯杰, 陈利顶, 王军, 等. 土地利用结构与生态过程[J]. 第四纪研究, 2003(3): 247-255.
- [20] 赵庚星, 李秀娟, 李涛, 等. 耕地不同利用方式下的土壤养分状况分析[J]. 农业工程学报, 2005(10): 55-58.
- [21] ZHAO M, SHI Y, CHEN X, et al. Soil Nitrogen Accumulation in Different Ages of Vegetable Greenhouses[J]. Procedia Environmental Sciences, 2011, 8: 21-25.
- [22] ZENG L S, GAO Y, LI J L, et al. Changes of acidification and nutrient accumulation in greenhouse vegetable soils in Shouguang[J]. J Soil Water Conserv, 2010, 24(4): 157-161.
- [23] 曾希柏, 白玲玉, 李蓬芳, 等. 山东寿光不同利用方式下农田土壤有机质和氮磷钾状况及其变化[J]. 生态学报, 2009(7): 3737-3746.
- [24] 杜新民, 吴忠红, 张永清, 等. 不同种植年限日光温室土壤盐分和养分变化研究[J]. 水土保持学报, 2007(2): 78-80.
- [25] ZHANG N, LI G, SU Y. Characteristics of nitrate accumulation in the greenhouse soil of Dianchi basin and its effect on the environment[J]. Transactions of the CASE, 2006, 22(6): 215-217.
- [26] 宋成军, 张玉华, 刘东生, 等. 土地利用/覆被变化(LUCC)与土壤重金属累积的关系研究进展[J]. 生态毒理学学报, 2009(5): 617-624.
- [27] ZENG X B, LI L F, MEI X R. Heavy Metal Content in Chinese Vegetable Plantation Land Soils and Related Source Analysis[J]. Agricultural Sciences in China, 2008, 7(9): 1115-1126.
- [28] 李树辉, 李蓬芳, 曾希柏, 等. 山东寿光不同农业利用方式下土壤镉的累积特征[J]. 农业环境科学学报, 2011(8): 1539-1545.
- [29] 胡留杰, 曾希柏, 白玲玉, 等. 山东寿光设施菜地土壤砷含量及形态[J]. 应用生态学报, 2011(1): 201-205.
- [30] 李蓬芳, 曾希柏, 白玲玉, 等. 山东寿光不同农业利用方式下土壤铅的累积特征[J]. 农业环境科学学报, 2010(10): 1960-1965.
- [31] 刘苹, 杨力, 于淑芳, 等. 寿光市蔬菜大棚土壤重金属含量的环境质量评价[J]. 环境科学研究, 2008(5): 66-71.
- [32] JIA J X, MA Y C, XIONG Z Q. Net ecosystem carbon budget, net global warming potential and greenhouse gas intensity in intensive vegetable ecosystems in China[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2012, 150: 27-37.
- [33] DYER J A, DESJARDINS R L, KARIMI-ZINDASHTY Y, et al. Comparing fossil CO₂ emissions from vegetable greenhouses in Canada with CO₂ emissions from importing vegetables from the southern USA[J]. Energy for Sustainable Development, 2011, 15: 451-459.
- [34] WANG Y, XU H, WU X. Quantification of net carbon flux from plastic greenhouse vegetable cultivation: A full carbon cycle analysis[J]. Environ Pollut, 2011, 159: 1427-1434.
- [35] MOSIER A, KROEZE C, NEVISON C, et al. Closing the global N₂O budget: nitrous oxide emissions through the agricultural nitrogen cycle[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 1998, 52(2/3): 225-248.
- [36] RIVA S, JU M, SHENG Z, et al. Short-Term Responses of Nitrous Oxide Emissions and Concentration Profiles to Fertilization and Irrigation in Greenhouse Vegetable Cultivation[J]. Pedosphere, 2012, 22(6): 764-775.
- [37] 赵鸿, 张强, 杨启国, 等. 黄土高原半干旱雨养区日光温室小气候分析[J]. 应用气象学报, 2007(5): 627-634.
- [38] 张仁祖, 徐为根, 张利华, 等. 徐州地区日光温室小气候研究[J]. 江西农业学报, 2009(11): 74-79.
- [39] 魏瑞江, 王春乙, 范增禄. 石家庄地区日光温室冬季小气候特征及其与大气气候的关系[J]. 气象, 2010(1): 97-103.
- [40] 袁静, 李树军, 崔建云, 等. 山东寿光冬季日光温室室内温度变化特征及低温预报[J]. 中国农学通报, 2012(3): 300-304.
- [41] ZHAO H, ZHANG Q, YANG Q G, et al. Microclimate Inside Sunlight Greenhouse in Semi-arid Rain Feed Region in Loess Plateau[J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2007, 18(5): 627-634.
- [42] 肖清华, 李树军, 崔建云, 等. 设施农业发展对潍坊气候变化的影响分析[J]. 安徽农业科学, 2011(27): 16862-16866.

(上接第 11558 页)

对农民的财政补贴, 切实保障土地流转的租金收入, 使昆明市农民收入结构渐趋合理, 收入来源更加多元化。

3.3 提高农民组织化程度, 缩小各县区农民的收入差异 针对昆明市农民组织化程度较低的现状, 建议市、县、镇各级政府扶持、培育花卉农民合作社、烟草农民合作社、茶叶农民合作社、天然药物农民合作社和生态菜蔬农民合作社, 提高农民抱团协作抗衡农产品物流企业、农产品销售企业的市场谈判能力。提高昆明市城镇化率以减少农民数量, 促进乡镇企业等农村非农产业发展, 缩小各县区发展的地域差距。发展花卉旅游、烟草旅游、天然药物旅游、生态菜蔬旅游等观光农业, 搞活农家乐、农村度假、特色农产品旅游购物等

休闲农业, 创新农村旅游线路以增加游客在乡村旅游中的消费水平, 拓宽加深各县区农村旅游对农民增收的经济拉动效应。加大对各县区特别是低收入县的农村金融扶持力度^[4], 在城乡统筹与新农村建设中重点财政扶持低收入农民, 不断缩小昆明市各县区农民的收入差异。

参考文献

- [1] 关浩杰. 收入结构视角下我国农民收入问题研究[D]. 北京: 首都经济贸易大学, 2013.
- [2] 王珊珊. 云南省农民收入问题研究[D]. 昆明: 云南大学, 2012.
- [3] 李先玲, 王彦. 基于农民收入结构对比的农村劳动力转移地区差异分析[J]. 商业时代, 2012(22): 12-14.
- [4] 姜永跃. 农村金融发展与农民收入增长问题研究[J]. 金融理论与实践, 2010(5): 46-50.