

我国大城市郊区智慧农业发展探索

王常伟 吴方卫¹

(上海财经大学 200433)

【摘要】: 智慧农业不仅是应对我国农业劳动力老龄化与短缺的重要举措,也是现代农业发展的重要标志和方向。推进我国智慧农业的发展,可以大城市郊区为突破口,进一步探索“机械化换人、自动化减人、智慧化少人”的智慧农业道路,发挥大城市智慧农业先行先试的作用,以大城市智慧农业的发展带动全国智慧农业的发展。

【关键词】: 智慧农业 大城市农业 农业劳动力

【中图分类号】:F320.3 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1005-1309(2022)02-0085-007

劳动力老化、弱化、外地化是当前我国大城市尤其是超大城市农业面临的严峻问题。进入 21 世纪以来,我国大城市农业劳动力问题凸显,农业劳动力知识技能落后已成为制约大城市现代农业发展的主要短板。与此同时,现代信息技术、工程技术不断发展,机械化、智能化对各个产业都带来了巨大影响。如何推进 5G、大数据和人工智能等在农业中的应用,推进智慧农业发展,既是解决大城市农业劳动力问题的需要,也是提高大城市农业竞争力与高质量发展的需要。

一、大城市郊区农业劳动力问题及影响

农业受到地理、气候及市场因素的影响较大,不同地区农业面临的问题也不同。大城市郊区农业属典型的都市农业。近年来,我国大城市郊区农业在发展过程中碰到的一些问题,突出表现在劳动力方面,如老龄化、外地化等,对城市郊区农业的高质量发展及城市农产品供应带来了挑战。

(一)大城市郊区农业劳动力问题

一是人口老龄化问题突出。老龄化已成为我国农业劳动力的重要趋向,而大城市郊区农业劳动力老龄化问题更为突出。以上海为例,当前从事农业生产的劳动力平均年龄为 60 岁左右,55 岁以上劳动力占比高达 63%,35 岁以下劳动力仅占 4.6%。全市粮食生产功能区农业劳动力的平均年龄为 58 岁,其中崇明区粮食生产者的平均年龄高达 60.88 岁,即使是家庭农场发展较好的松江区,老龄化问题也较为明显。松江区 838 户家庭农场主平均年龄为 49.1 岁,其中 51~60 岁的农场主占比达 49.4%,子承父业“新农人”的占比仅为 7.76%。经济作物、蔬菜生产领域劳动力老龄化问题更严重,劳动力普遍超过 60 岁,“4 个菜农 300 岁”已成为上海等大城市农业劳动力的现实。

二是“农民农”现象突出。由于大城市郊区农民就业机会较多,土地流转、房屋出租等财产性收入较高,社会保障也普遍完善,当地农民从事农业的意愿相对较低。“70 后”不愿种地、“80 后”不会种地、“90 后”不提种地已成为大城市郊区的普遍情况,大量外地劳动力以“农民农”的身份通过租赁土地从事农业生产。以上海为例,前些年从事农业生产的基本为外来农民,在中共上海市委、市政府出台相应政策鼓励本地农民从事农业生产,大力支持家庭农场发展后,目前 90%以上的粮食作物由上海郊区农民生产;但在蔬菜种植方面,由于劳动密集程度更高,农事作业更繁重,本地农民种植意愿较低。对上海郊区的调研显示,

作者简介: 王常伟,上海财经大学三农研究院研究员。吴方卫,上海财经大学三农研究院院长、教授。

70%以上的蔬菜种植者仍以外来农民为主。

三是农民知识与技能有待提升。现代农业的发展离不开高素质的生产经营主体。新型职业农民不足、农业劳动力缺乏相关知识技能已成为制约大城市现代农业发展的短板。2017 年全国农业普查数据显示，全国农业生产经营人员中受教育程度在初中及以下的占比为 93.0%。大都市郊区农业经营者的受教育水平稍好一些，但距离现代农业发展的要求存在巨大差距。以上海为例，农业生产经营人员中受教育程度在初中及以下的占比为 87.7%。从同期美国农业经营者的受教育程度看，四年制大学及以上的占比为 28.3%，初中及以下的占比仅为 6.7%(图 1)。¹由此可见，大城市郊区农业劳动力的知识水平亟须大幅提升。农业从业人员知识技能不足，势必会影响新理念、新技术、新模式的推广与运用，从而对都市现代农业发展造成阻碍。

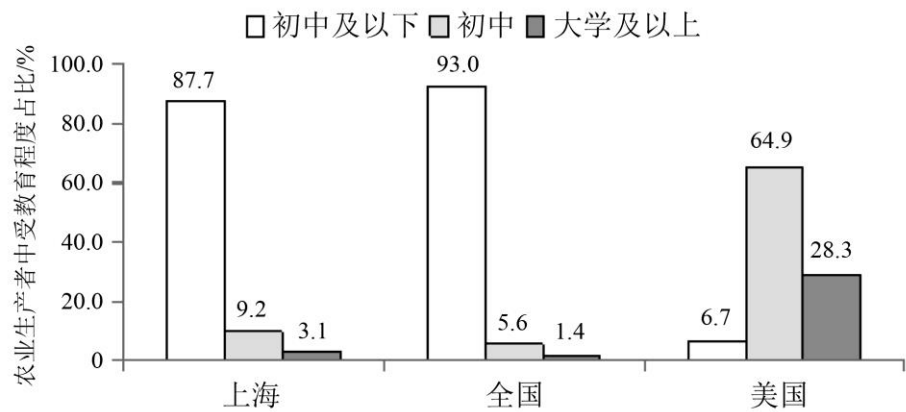


图 1 农业生产经营者受教育水平对比²

(二)大城市农业劳动力成本不断上涨

劳动力成本高是大城市农业面临的另一问题。近年来，我国农业劳动力成本快速上升，以粮食生产为例，《全国农产品成本收益资料汇编 2019》数据显示，2009—2018 年劳动力成本占生产总成本从 30%上升到 40%，而同期美国粮食生产中劳动力成本不足 10%。由于非农就业机会较多，经济发展水平较高，大城市农业劳动力的成本更高。对上海崇明区的调查显示，全区水稻雇佣人工成本为每人每天 120 元，加上土地成本、物资与服务费用，2018 年每亩粮食作物总成本约为 1100 元，而按照市场收购价，每亩收益仅为 950 元。过高的劳动力成本严重影响了农业经营收益，如果没有政府补贴，每亩还将亏损约 150 元。传统绿叶菜对人工的需求更大，以对上海某园艺场的调查为例，平均每亩种一茬蔬菜需要劳动力成本约 620 元，占总成本的 44.0%(表 1)；其中，蔬菜移栽、采收环节的劳动力成本分别占到了 32.2%和 51.6%。

表 1 每亩蔬菜生产成本构成

类别	种子	农资	人工	农机	场租费	合计
成本/元	10	320	620	60	400	1410
占比/%	0.7	22.7	44.0	4.2	28.4	100

资料来源：上海市农业农村委：《关于加快上海蔬菜机器换人的调研》《上海“三农”决策研究》，上海财经大学出版社，2021 年 5 月。

(三) 劳动力问题影响了城市农产品供给的稳定

在土地资源少、人力成本高的情况下，未来大城市“谁来种地、如何种地”的问题迫在眉睫，需要提上议事日程。年轻人从事农业生产经营的意愿低，劳动力老龄化、高成本的现象在一定程度上影响了大城市的农业生产与农业高质量发展，特别是对于劳动密集型的农产品来说更是如此。以上海为例，由于蔬菜的机械化、智能化程度低，需要的劳动投入量大，且苦、累、脏，加之价格受外来蔬菜的冲击较大，导致农民种植蔬菜的意愿较低，影响了上海蔬菜种植面积与供应量。上海有 50 万亩蔬菜生产保护区，实际种植蔬菜的面积约为 20 万亩，仅占 40%。农业劳动力问题在一定程度上影响了大城市蔬菜等劳动密集型产品的供给，对城市菜篮子稳定造成影响。

二、走智慧农业道路是大城市农业未来发展的选择

为应对农业劳动力问题，并适应和利用现代信息技术，促进农业高质量发展，目前我国农业已逐步由机械化向智能化发展，智慧农业成为现代农业的关注重点。智慧农业将人工智能、物联网、移动互联网和云计算技术一体化运用到传统农业中，改变现有的农业生产方式，驱动农业变革，为农业生产提供精准化种植、可视化管理、智能化决策。农业智慧化指的是根据物联网、人工智能等技术，通过收集土壤、气候、农作物生长、病虫害情况等数据，分析与挖掘数据实现智能感知、智慧管理及智能收割等。智慧农业是数字农业的重要内容。为促进智慧农业的发展，2019 年农业农村部、中央网络安全和信息化委员会办公室出台《数字农业农村发展规划(2019—2025 年)》，对智慧农业发展提出路径和举措。

智慧农业可有效应对大城市农业劳动力老龄化与劳动短缺等问题。智慧农业通过机器换人、智能作业等，可以有效节约劳动力，在一定程度上解决大城市农业面临的劳动力问题。智慧农业首先要求实现机械化及智能化，从而使作业效率大幅增加，降低农业生产对劳动力的需要。例如，无人农场在大数据与物联网技术的支持下，种植、植保、收获等各环节可以实现自动作业，解决大城市劳动力缺乏与老龄化带来的生产率下降以及劳动力成本不断上涨的问题。此外，智慧农业还可改善劳动作业环境，使农业经营成为体面的职业。

智慧农业有利于大城市发展精准农业。大城市农业对农产品质量、农业生态有着更高的诉求。长期以来，我国农药、化肥的利用率较低，使用强度大，不仅对生态环境造成影响，而且也增加了农产品质量安全风险。智慧农业将为大城市发展精准农业与生态农业提供条件。基于物联感知、信息化的智慧农业，可以根据土壤、气候、农作物生长以及病虫害情况等，对农作物进行施肥、植保等作业，有效提高肥料以及农药施用的针对性，减少化学投入品用量，降低农业面源污染与农产品质量安全风险。此外，用智能机械代替人的农业劳作，实现农业生产高度规模化、集约化、工厂化，提高了农业生产对自然环境风险的应对能力，使弱势的传统农业成为具有高效率的现代产业。智慧农业有助于大城市农业的精细化、高效化、绿色化，是大城市农业高质量发展的重要支撑。

大城市具有发展智慧农业的条件。大城市不仅有发展智慧农业的迫切性，而且也存在发展智慧农业的良好条件。从外部条件看，大城市一般科技发达，农业组织化、机械化程度相对较高，农业现代化已取得一定成效，具有发展智慧农业的良好条件。从市场条件看，大城市一般是我国人才、资本聚集的地方，拥有巨大的消费市场，具有吸引资本投入智慧农业的条件。通过发展智慧农业而推动精致农业、高端农业的发展，将为农业带来更多的价值。从政策条件看，大城市经济发展水平领先，政府对农业的支持力度相对较大，农业现代化作为都市现代化的重要组成部分代表了城市发展水平，政府有能力也有动力对智慧农业进行投入，为智慧农业的发展提供政策条件。

三、智慧农业发展模式与实践

(一) 国内外探索

21 世纪以来，发达国家智慧农业获得突破性发展，美国、英国、德国、荷兰、日本等发达国家的许多农场，智慧农业已落地实现，智能化作业和管理在大田作物、蔬菜、水果，以及畜牧等领域得到广泛应用且成效显著。从发达国家的实践看，因地制宜地探索出 3 种典型的智慧农业模式：人少地多大规模智能作业的美国模式，人多地少小规模智能精致的日本模式，人地适中农业多功能高附加价值的西欧模式。国外发达国家在智慧农业领域的实践为我国智慧农业的发展提供了经验参照。

我国智慧农业起步相对较晚，但近年来在国家政策引导与支持下有了较快的发展。自 2012 年以来，历年中央一号文件对“智慧农业”及相关内容都有论述。2018 年，《中共中央、国务院关于实施乡村振兴战略的意见》明确提出：“大力发展数字农业，实施智慧农业林业水利工程，推进物联网试验示范和遥感技术应用。”国家“十四五”规划也指出：“完善农业科技创新体系，创新农技推广服务方式，建设智慧农业。”在国家政策的支持下，国内在智慧农业的实践方面快速推进。2013 年农业农村部出台《农业物联网区域试验工程工作方案》，选择天津、上海、安徽率先开展试点试验工作，具体任务为：天津建设设施农业与水产养殖物联网试验区，上海建设农产品质量安全监管试验区，安徽建设大田生产物联网试验区。自 2017 年起，农业农村部组织开展数字农业建设试点项目，围绕数字农业创新中心、重要农产品全产业链大数据和数字农业试点县建设，中央累计投资 11.5 亿元，共计建设 92 个项目。总体来看，我国智慧农业主要围绕大田种植智能化、设施园艺智能化、畜禽养殖智能化和水产养殖智能化等方面展开。大田种植智能化主要采用遥感技术、物联网技术实现精准自动耕种收以及养分管理、病虫害防控等；设施园艺智能化主要是实现大棚等设施的精准控制，实现育苗、移栽、肥水农药施用、采摘等的自动化，收后分拣加工的智能化，以及农产品的可追溯等；畜禽养殖智能化主要是畜禽圈舍环境监测、精准饲喂、产品收集的自动化，以及粪污处理的自动化等；水产养殖智能化是水质环境监控、增氧、饵料投喂的自动化，池塘、车间和网箱的标准化等，实现水产养殖的机械化与智能化。目前，我国已涌现一批典型的智慧农业区及其相应的经营主体。

（二）上海的实践

上海农业作为大城市农业的典型地区，积极推进智慧农业，经过几年的发展取得了一定成效。

一是做好智慧农业的基础性工作。“十三五”期间，上海完成了 80 万亩粮食生产功能区、50 万亩蔬菜生产保护区、7 万亩特色农产品优势区、24 万亩水产养殖区的规划图斑以及 9 个涉农区近 230 多万亩现状农业用地的数字化工作，包括基础地理空间、土壤环境、遥感与光谱影像等数据收集。此外，上海还大力推进农业生产作业信息化直报工作。基于神农口袋软件，建立了覆盖粮食、蔬菜、瓜果、水产等行业的农业生产作业信息直报网络。目前，上海已有 6000 多家生产经营主体开户入网，入网主体经营总面积达到 163 万亩。数字地图以及信息直报为智慧农业发展奠定了基础。

二是以全程机械化为切入点提升智能化水平。近年来，上海大力推动蔬菜生产的“机械换人”项目，至 2021 年底完成 27 个蔬果机械换人生产示范基地建设，蔬菜综合机械化水平达到 55%以上，高于全国水平。上海还探索水稻无人农场建设，并通过对大中型拖拉机、联合收割机、插秧机、穴直播机和喷杆喷雾机等机械的定位联网，建立智能化、精准化、可视化的农机智联系统，推进农业生产智慧化。此外，上海还推进高效植保和精量施肥装备与技术推广，2021 年植保飞防覆盖面积超过 50 万亩，水稻机械化种植同步侧深施肥面积达到 16.3 万亩。

三是推进全国农业农村信息化示范基地建设。上海在智慧农业实践过程中涌现出一批示范典型，如绿立方在绿叶菜工厂化生产模式方面进行了积极探索；上海崇明现代农业园区由中荷采用世界先进的育苗、移植自动化系统进行生产，实现生产智能化等。此外，正义园艺、光明集团上海农场、华维节水 3 家单位获 2021 年度全国农业农村信息化示范基地称号。

四、智慧农业发展面临的问题和挑战

我国城市农业在智慧化方面取得进展的同时，也应看到我国智慧农业仍缺乏基础研究和技術积累，整体技术与应用与发达国家相比还有不小差距。我国智慧农业所面临的不仅仅是“短板”问题，而是整体发展的“短桶”问题。进一步推进我国智慧农

业发展，特别是大城市智慧农业发展还面临着一系列的问题挑战。

(一) 农业经营现状对智慧农业发展造成一定困难

一方面，我国经营主体经营面积有限，许多地块分散细碎，不利于机械化作业与智慧农业的发展。大城市农业用地相对奇缺，农业经营主体户均经营面积更加有限，即便是通过流转规模化程度有所提升，但由于地块的分割依然不利于机械化与智能化。以上海蔬菜生产为例，在流转率较高的情况下，蔬菜种植大多采用农场主总包，农户分散承包经营的方式，一般每个农户经营面积仅有 5~10 亩，总承包者对智慧农业的发展关注不足。另一方面，农业基础设施不完善和老旧现象比较突出。以上海为例，358 个园艺场总经营面积 11.3 万亩，其中设施面积仅为 5.6 万亩，不足一半。传统大棚门小道窄，影响了机械作业。蔬菜产业链的前端育苗和末端分组、包装、初加工、冷藏等设施缺乏，并面临规划、用地和扶持政策等诸多难题。此外，由于经营户规模普遍较小，大都没有能力对智慧农业进行投资。

(二) 技术层面存在差距

我国在智慧农业技术的研发以及推广方面，与发达国家相比还存在较大的差距。在农业专用传感器方面，我国自主研发的农业传感器数量不到世界的 10%，且稳定性较差。动植物模型与智能决策准确率低，很多情况是时序控制而不是按需决策控制。在应用推广方面，全国各省市都开展了智慧农业应用试点建设，但大都处于“盆景”状态，缺乏智慧农业大面积应用的场景。同时，大多数项目停留在信息的简单传输与显示，展示成分大于实际效果，与农业融合深度不够，缺乏解决农业实际问题的能力。

(三) 人才短缺影响智慧农业的研发推广

我国智慧农业起步于 1980 年代，仍面临着人才短缺的问题，这直接或者间接地影响了智慧农业的发展。一方面，智慧农业发展要有技术研发、推广与支持人才，长期以来，由于涉农研发领域的激励性不足，难以吸引到优秀人才，影响了智慧农业技术的研发推广与应用。另一方面，智慧农业的落地也需要实际作业人员，即农业生产经营者。尽管智慧农业可以替代劳动力，但对于高素质的农业经营者的需求却进一步上升。大城市农业劳动力的整体技能与知识水平与智慧农业的要求还存在一定距离。

(四) 智慧农业的实施成本较高

智慧农业不仅是技术问题也是经济问题，对于市场主体来说，有了经济效益才会引进智慧农业技术并加以实施。然而，从目前的情况看，智慧农业的实施往往需要前期巨大的投入，在技术快速更新的时代，还面临着技术被淘汰的风险。我国农业经营主体规模普遍较小，实力较弱，加之当前许多智慧农业相关设施与服务价格较高，我国大部分农业经营主体，包括城市郊区农业经营主体没有动力也没有实力实施智慧农业，这对我国智慧农业的发展造成了阻碍。智慧农业的高成本在一定程度上说明现阶段推进智慧农业的发展还需要外部的支持。

五、大城市现代农业智慧化发展的对策建议

智慧农业不仅是应对我国农业劳动力老龄化与短缺的重要举措，也是现代农业发展的重要标志和方向。推进我国智慧农业的发展，可以大城市郊区为突破口，发挥大城市智慧农业先行先试的作用，以大城市智慧农业的发展带动全国智慧农业的发展。

(一) 提升基础条件，助力智慧农业发展

一是促进土地的适度规模经营，提高农业的组织化水平。尽管智慧农业有不同的类型，不同规模化都可以找到智慧农业的发展路径，但适度规模化无疑会降低智慧农业推进的难度，有利于智慧农业的发展。二是进一步推进土地的适度规模经营，并对土

地进行整治，对相应的设施如大棚等进行改造，以满足机械化、智能化的要求。在划定生产功能区的时候，要打破土地分割细碎的状况，促进农业的连片种植。此外，还要进一步推进农业的组织化水平，探索农业的园区化管理，为智慧农业的推进提供更方便的组织载体。三是加强信息基础设施建设。信息化是智慧农业发展的基础，加强信息基础设施建设，如近两年上海投入大量人力物力将农地资源、农业作业信息上网，实现信息化管理，为智慧农业发展提供了基础。大城市农业要在信息化、数字化方面走在全国前列，实现土地、机械、物料、产品以及经营主体的信息互联，助力智慧农业的发展。

（二）推进技术的研发与推广应用，突破智慧农业技术障碍

智慧农业的发展离不开技术的支撑。要进一步鼓励科研院所、企业、农场有针对性地对相关技术进行联合攻关，特别是以市场为导向满足生产经营主体对智慧农业技术的需求。一是加强硬件研发，对机械、器具进行升级。我国幅员广阔，不同城市郊区的资源禀赋条件、作物种类存在巨大的差别。应根据不同地区的条件，针对大田作物、园艺作物、畜禽养殖、水产养殖采用不同的技术与智能机械。对大城市郊区来说，要特别关注蔬菜、水果、养殖业的智能化，要在坡地、小型机械智能化方面有所突破。二是加强软件的研发。通过软件的开发与优化，实现硬件与软件的协同，推进大数据、物联网在农业中的应用，推进智慧农业的发展。三是关注标准问题，便于智慧农业技术在不同地区、不同应用场景、不同主体间的扩散。四是建立智慧农业的推广应用机制。智慧农业的发展，离不开推广与应用，要将智慧农业纳入农技推广的主要工作内容，通过培训、示范以及相应补贴，鼓励经营主体实施智慧农业项目。五是建立应用的反馈机制，通过推广与应用中的反馈，更好地促进技术的完善。

（三）完善智慧农业人才激励机制，建立智慧农业发展的内生动力

一是完善智慧农业研发、推广、服务人才的激励政策，给予技术人才、管理人员更多的创新空间与发展空间。当前，上海等城市对涉农人才专门出台了一系列支持举措，建立了相应的晋升与发展通道，应进一步对智慧农业人才进行扶持。二是培育“智慧农民”。大城市农民的年龄、文化技能与现代化农业、智慧农业的发展还不相适应，为了改变这一面貌，应加紧对农民进行培训，让农民掌握更多智慧农业相关知识与操作技能，并出台政策吸引更多高素质年轻人加入职业农民队伍。三是创新外来农民管理机制。要正视外地农业从业人员在大城市农业中的存在，把外地“农民农”纳入管理，把外地农民纳入打造新一代智慧农民的体系之中。

（四）建立智慧农业发展试点，以点带面促进智慧农业全面发展

智慧农业对我国大部分地区来说依然是一项较新的事物，受到技术、成本以及可操作性的影响，经营主体主动发展智慧农业的积极性未必很高。全国智慧农业的推进可以大城市农业为突破口，而大城市推进智慧农业的发展，也应采取试点—示范—推广的模式。在政策的支持下，可以选择部分区域、部分品种、部分主体，开展试点工作。上海作为我国的超大城市，在智慧农业方面有条件也有必要先行先试。例如，以崇明“世界农业工厂”、全市“机器换人”示范基地为基点，充分利用国内外智慧农业技术、人才、管理等各方面资源，探索智慧农业发展路径，为农村一、二、三产业融合发展赋能，形成新的产业增长点，构建上海智慧农业发展新格式，形成智慧农业的上海方案，进而对全国城市智慧农业的发展形成示范与辐射效应。

（五）加强政府支持，以市场与政府协同的力量促进智慧农业发展

农业关系粮食安全、关系民生，对于大城市来说，农业的生态、文化等多功能更加突出。对农业发展进行补贴是农业行业的特性所决定的，也是国际的普遍做法。智慧农业的发展离不开政府的支持。一是做好规划，将智慧农业发展作为都市农业的优先考虑，规划要落实到项目、地块、资金上，要有具体的负责部门与推进举措。二是做好基础工作，在农业的组织化、规模化、信息化、机械化等方面为智慧农业发展提供基础条件。由于农业数据具有散乱杂、孤岛林立等特点，政府部门要加强农业数据的汇集和整合，统筹各类政府资源，在一定范围内开放相关数据资源，支撑智慧农业的发展。三是在资金上给予支持。政府应在技术的研发、推广以及实施方面给予专项的支持，对相应的人才给予激励。通过项目支持、税收补贴等方式对相关主体进行支持。四

是完善推广与培训体系。依托农技服务推广体系,对智慧农业进行宣传推广,对农业经营主体进行培训,促进社会对智慧农业的认知,提高相关人员参与智慧农业的能力。

参考文献:

- [1]上海市统计局、国家统计局上海调查总队.上海市第三次农业普查主要数据公报[R].2018.
- [2]上海市农业农村委.关于加快上海蔬菜机器换人的调研[M].上海:上海财经大学出版社,2021.
- [3]上海市农业农村委.上海“三农”决策决策研究[M].上海:上海财经大学出版社,2021.
- [4]宋洪远.智慧农业发展的状况、面临的问题及对策建议[J].人民论坛·学术前沿,2020(24):62-69.
- [5]蒋璐闻,梅燕.典型发达国家智慧农业发展模式对我国的启示[J].经济体制改革,2018(5):158-164.
- [6]殷浩栋,霍鹏,肖荣美,高雨晨.智慧农业发展的底层逻辑、现实约束与突破路径[J].改革,2021(11):95-103.

注释:

1 数据来源:美国农业部网站。

2 农业经营主体受教育水平“大学及以上”,在我国包括大专,在美国则指四年制大学及以上。