

有机旱作农业

——中国旱区特色农业发展之路

王娟玲

(山西农业大学/农业农村部有机旱作农业重点实验室(部省共建)/有机旱作农业山西省重点实验室,山西太原 030000)

摘要:解决几十年来农业拼投入、拼资源、拼环境粗放型增长造成的高产低质、资源浪费、产能下降、环境污染等一系列问题,加速农业转型,实现绿色、生态、可持续发展变得极为迫切。习近平总书记关于“有机旱作农业”的重要指示为山西以及广大旱区农业发展指明了方向。阐释了有机旱作农业的深刻内涵要义和绿色发展理念,分析了其“大有机”的文化基因和科学本质,论述了传统有机旱作农业的优势与不足,揭示了当下旱作节水农业的问题与隐忧,明确了大力发展有机旱作农业对于农业转型高质量发展的重要意义,提出了走好有机旱作农业道路的举措建议。

关键词:旱区农业;有机旱作;绿色发展

中图分类号:S01 **文献标志码:**A

Organic dryland farming: Development of characteristic agriculture in arid areas of China

WANG Juanling

(Shanxi Agricultural University/Key Laboratory of Sustainable Dryland Agriculture
(Co-construction by Ministry and Province), Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Shanxi
Province Key Laboratory of Sustainable Dryland Agriculture, Taiyuan, Shanxi 030000, China)

Abstract: In recent decades, striving for extensive growth through high agricultural input and resource use have frequently caused series of problems including high yield with low quality, waste of resources, decline of production capacity and environmental pollution. Solving these problems becomes extremely urgent to accelerate the transformation of agriculture and achieve green, ecological and sustainable development. Xi Jinping's important instruction on organic dryland farming has pointed out the direction for the development of agriculture in Shanxi and other dryland areas. The article explains the profound meaning and green development concept of organic dryland farming, analyzes its cultural gene and scientific essence of "big organic". The paper discusses the advantages and shortcomings of traditional organic dry farming and reveals the current problems and hidden worries of dry farming and water conservation. In addition, it clarifies the importance of vigorously developing organic dryland farming for the transformation and high-quality development of agriculture and puts forward the suggestions for taking the road of organic dryland farming. The importance of organic dryland farming for agricultural transformation and high-quality development is clarified, and suggestions for organic dryland farming are put forward.

Keywords: arid agriculture; organic dryland farming; sustainable development

2017年,习近平总书记视察山西时指出“有机旱作是山西农业的一大传统技术特色,山西少雨缺水,要保护生态、节水发展,要坚持走有机旱作农业

的路子,完善有机旱作农业技术体系,使有机旱作农业成为我国现代农业的重要品牌”,为山西和广大旱区农业指明了发展方向、提供了根本遵循。

收稿日期:2022-07-29

修回日期:2022-11-15

基金项目:“十四五”国家重点研发计划项目(2021YFD1901100);山西省科技重大专项计划“揭榜挂帅”项目(202101140601026);山西省重点研发计划重点项目(201703D211002)

作者简介:王娟玲(1963-),女,山西临汾人,研究员,主要从事旱作农业研究。E-mail:WJL-bb@163.com

1 有机旱作农业的深刻内涵

习近平总书记提出的有机旱作农业的“有机”，既包括以土壤有机培肥为核心的传统的“有机”，也包括排斥一切无机能量不施用化学投入品的有机农业的“有机”，更是内涵深刻而宽广的“大有机”，即绿色、健康、生态、良性循环、可持续发展^[1]。通俗讲就是地要越种越肥、土壤要越来越健康，各种资源都要高效利用，农产品要绿色优质健康，生态环境要越来越好^[2]。它蕴含着种养结合、用养平衡的中医系统整体性思想，是与化石农业有着本质区别的宏大发展理念，也就是充分汲取传统农业文化理念精华，充分运用现代先进技术和装备，因地制宜构建旱地农业内生性绿色高效的物质能量循环，形成健康的生态生命系统，促进用养结合，显著提高资源利用效率、土地产出能力、干旱抵御能力和产品增值能力，尽可能减少化学品投入，实现量质兼顾、生态良好，推动旱作农业转型升级和可持续发展。这是一种中西结合的新型农业类型，是一条符合国情、农情，有中国特色的农业发展之路，也是习近平总书记“两山论”生态文明观在农业上的具体体现，是文化自信、道路自信的具体体现。

山西农业发展的历史就是一部有机旱作农业的发展史，从 7000 多年前的丁村文化一直到清朝的《马首农言》均有记载。20 世纪 60~70 年代，山西探索并形成了“三庄一寨一山一川”典型旱作技术，尤其是大寨的“坡改梯”和保水、保土、保肥的“海绵田”堪称旱作技术的经典，为共和国农业发展做出了特殊贡献；20 世纪 90 年代以来，山西选育的‘晋麦 33’、‘晋麦 47’和‘晋谷 21’等抗旱、广适、优良品种至今代表着国家前沿水平；进入新世纪，山西率先提出“艺机一体化”^[3]并积极探索实践，推进和加速了全国“轻简化”栽培技术的创新研究和应用。山西是旱作农业大省，有着悠久的历史传统和深厚的技术积淀，是有机旱作农业的根之所在^[4]。总书记有机旱作农业讲在山西，但指向却不仅山西，旨在整个旱区农业，旨在全国现代农业的绿色发展，旨在让山西先行先试，趟路子、出模式，示范引领全国。

2 传统有机旱作农业的优势与不足

传统有机旱作农业可追溯到西周的“畎亩法”^[5]、汉代的“代田法”^[6]及魏晋南北朝的精耕细

作、施农家肥、种植绿肥及轮作倒茬等^[7-8]，这种“劳者欲息、息者欲劳”的耕作传统充分体现的正是用养结合的理念，也是中华民族几千年来有效抗御干旱、防止土壤衰竭的法宝，体现着中华灿烂的农耕文明。它是充分依靠自身地形、气候、土壤等自然条件，长期发展形成的资源节约、环境友好的可持续农业生产模式。其优势是主动适应环境，通过提高土壤有机质含量、循环利用关键营养物质等方法有效保护土地，将土地视作生态和生命系统，而不是一种可消费的生产资料。由于没有外来物质和能量的投入，形成了绿色、生态、可持续的自身循环系统，这是中华文明得以延续的重要因素，也是我们最该继承发扬的优良传统。不足之处是获取能量的方式仅来自于植物的光合作用，没有外来物质和能量的投入，因而生产的粮食和食物有限，不能供养更多的人口，也是农业社会先天不足的主要原因，正是我们需要打破和改造提升之处。

3 当前旱作节水农业的问题与隐忧

近几十年来，迫于解决温饱、追求产量的客观需求，忽视甚至抛弃传承了几千年的、最值得我们骄傲和自豪的以自然资源循环化、无害化、可持续化为主要内容的农耕文化，选择了一条以化肥、农药、地膜为核心，以依赖物质投入为特征的化石农业道路。不可否认，化石农业对我国粮食增产产生了很大影响，粮食总产由 1978 年的 3 000 亿 kg 增加到 2018 年的 6 579 亿 kg，增长了 1.2 倍，其中化学投入品功不可没。但由于发展速度快，时间短，没有重视和汲取西方国家化石农业发展过程中的各种教训，技术上又还没有达到已经发展了几百年的发达国家的水平，总体上仍属于粗放型增长模式，导致农业在食品安全、生态平衡、涵养水源等诸多方面不可替代的功能和作用被削弱。同时因过度依靠外援驱动，造成了资源的浪费、土壤有机质的减少和土壤生态系统的退化，使中国自古以来创造正外部效应的农业一定程度上成为了具有较高消耗和污染特点的制造负外部效应的产业。

3.1 化肥过度施用

2018 年中国化肥用量 5 653.4 万 t，位居世界第一。我国占全球 7% 的耕地，使用了全球 35% 的化肥，是农业第一大国美国和耕地面积第一大国印度的总和^[9]。农作物化肥用量 328.34 kg·hm⁻²，远高于 119.94 kg·hm⁻² 的世界平均水平，是英国的 2.1

倍、美国的3.7倍,是发达国家安全上限的2倍,而平均利用率不足40%,比发达国家低约20%。化肥的过度施用导致土壤养分失衡,土壤酸化、板结,质量下降,氮素淋失,农业生产土壤贡献率仅50%~60%,比40年前下降10%,比发达国家低10~20个百分点^[10-16],边际效益明显下降,造成资源浪费和环境污染。

3.2 秸秆利用不充分

秸秆是土壤最重要、最直接、最经济的有机质来源。随着作物产量的提高,秸秆的总量在增加,肥料化、饲料化的比例也在提升,2019年已达到65.2%,但利用的质量尤其是直接还田的质量并不高^[17-18],废弃焚烧的比例达到约20%,燃料化约占11%。以山西为例,秸秆燃料化的比例为8%,全省的装机容量为310 kW,如果满负荷运转,秸秆消耗量将占到秸秆总量的35.6%,留在农业系统中的秸秆量即使全部利用也只有64.4%。我们以保持地力的秸秆需求量做理论分析,维持目前有机质含量 $16.5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 的水平,每年需要还田秸秆 $300 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$,农业系统秸秆用量将占到总量的75%;如果有机质含量要提升至 $20 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,则每年需要还田秸秆 $350 \text{ kg} \cdot 666.7 \text{ m}^{-2}$,农业系统秸秆用量将占到总量的87.5%(直接和间接还田),并且需要150年时间,足见耕地质量提升的艰巨性。

3.3 畜禽粪污(人粪尿)资源化利用差

过去以家庭为单位的养殖水平虽然不高,但有自身的种养小循环,畜禽粪污全部回归农田。目前多是规模化养殖,但牲畜粪便的处理却相对滞后甚至脱节。一方面粪污堆积污染环境;另一方面大面积耕地没有好的甚至没有有机肥可用,没有建立起应有的用养循环体系。畜禽粪便养分还田率低于50%^[19],城镇的人粪尿则是通过下水道模式被填埋或被排掉,还田率不足10%,损失了大部分肥源,致使我国有机肥资源的利用率不足40%。人们为提高产量,又大量使用化肥,浪费资源且污染环境,还影响农产品安全,形成恶性循环。

3.4 土壤耕层变浅

直到20世纪80年代,土地都还是要深耕、深翻,目的就是改良土壤结构、加厚活土层、营建土壤水库,起到纳雨蓄墒、抗旱沃土的作用。后来由于以旋代耕等简化粗放耕作措施的大面积应用,导致耕层变浅,形成了坚厚的犁底层,加之有机肥施用的减少和化肥的大量施用,土壤结构和质量变差,

蓄水抗旱能力减弱^[20]。全国土壤耕层平均厚度仅 16.5 cm ^[21],不足美国(35 cm)的一半,有机质含量仅仅是其1/3~1/2,容重却是其1.2~1.3倍。

3.5 白色污染严重

我国每年地膜覆盖面积约 $2 \times 10^7 \text{ hm}^2$,用量超120万t,均居世界第一^[22]。每年新增20~30万t不能降解的残留地膜回收率不足2/3。典型地区比如新疆达到 $325.34 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,甘肃 $136.43 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,陕西 $109.45 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,山西西北部残膜量也明显增加,这种没有节制和缺乏标准的过量使用严重影响了土壤微生物活动和透气性,污染了土壤环境,破坏了土壤结构,导致渗透力下降,抗旱力减弱,影响了农作物的产量和品质^[23];同时中外科学家研究均发现塑料微粒已通过食物进入了人体^[24-25]。

3.6 农药滥用

全球农业生产每年使用农药约350万t,中国占到了约1/2^[26]。在过去20多年里,发达国家农药使用量是稳定或减少的,其中美、德变化不大、英国减少44%、法国减少38%、日本减少32%、越南减少24%,而中国却显著增加,达到136.1%,比较严重的有海南 $694.60 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、福建 $366.42 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、广东 $357.42 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、浙江 $321.43 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ^[25]。2015年全国农药利用率只有36.6%,远低于欧美发达国家的50%~60%。低利用率意味着高残留,据统计,全国受农药污染的面积已逾 $4.67 \times 10^7 \text{ hm}^2$,阻碍了农业的可持续发展^[27]。

3.7 水资源浪费惊人

全球70多亿人口中有40多亿人生活在缺水环境中。人类社会在未来能源、水源、食物等多种危机中,水资源危机程度最严重、最广泛。我们作为全球13个最贫水的国家之一,又拥有14多亿众多人口的大国,对于节水仍存在着认识不足、重视不够、政策缺乏、技术不强等问题。不少地方大面积农田、果园及设施农业中仍以漫灌为主,许多现代化大都市园林景观也尚未实现节水灌溉。占总用量约63%的第一用水大户——农业,在产业布局上缺乏水资源可持续支撑的整体和长远规划,农业用水有效利用率仅为45%,而发达国家达70%~80%以上。我国单方水生产粮食约1 kg,发达国家为2 kg,以色列达到2.35 kg。从地下水位变化以及GRACE卫星观测地球重力场变化情况可以看到,华北已形成了严重的漏斗区,直接影响到京津地区的水资源安全。

干旱与气候变暖有关,但对水资源的过度开发和非理性使用无疑会加剧旱灾的常态化,导致极端干旱天气的出现。山西的统计资料显示,从鸦片战争到本世纪 90 年代,干旱年份呈明显增加趋势:近代以前 21 年一遇、近代 9 年一遇、现代 7.4 年一遇、当代 4.7 年一遇,这里的干旱还包括了大、中、小各种类型。而 10 多年来山西已发生四次大旱:2009 年全省遭遇了 50 年一遇的大旱,47~53 万 hm^2 农田无法下种;2013 年长治、晋城大旱;2019 年全省 9 市 66.7 万 hm^2 耕地受旱严重,26.7 万 hm^2 绝收;2020 年朔州、大同遭遇了 30~40 年一遇的干旱,13.3~15.0 万 hm^2 农田无法耕种,平均约 2.5 年就有一次大旱^[28]。由此可见,干旱的频率和严重程度明显增加。干旱问题就是粮食问题、食物问题,在食物面前,什么都显得无足轻重。解决高效用水和节水问题不仅是技术问题、战略问题,更是政治问题,关乎发展与生存,务必引起我们的高度重视。

以上这一系列问题,需要用绿色生态、系统性、一体化理念,采用先进的现代化技术和装备加以解决,即走好中国特色有机旱作农业之路。

4 关于大力发展有机旱作农业的建议

4.1 深刻领会、正确理解、准确把握有机旱作农业的内涵要义

习近平总书记关于有机旱作农业的重要指示为我们发展现代农业提供了根本遵循,必须正确理解和把握,不能搞偏、搞窄、搞乱。一是不能把有机旱作农业当成传统有机旱作农业的简单回归,一夜回到解放前,拉低有机旱作农业;二是不能把有机旱作农业等同于有机农业,有机农业具有高投入、高技术、高品质、高信用、高风险、产出有限等特点,大规模发展脱离中国 14 亿多人口大国的农情、国情以及新冠疫情、俄乌冲突之下的世情,需要适时、适度、适宜,不能搞窄搞高有机旱作农业;三是不能认为有机旱作农业是当前旱作节水农业的简单过渡,因为二者从发展的理念、方式到核心技术都有质的区别,不能轻视几十年化石农业的影响以及严峻的现存问题,搞简单、搞错有机旱作农业;四是不能炒概念、蹭热度,把有机旱作农业当成一个框,什么都往里装,搞乱有机旱作农业。

农业曾是中国雄踞世界且最具优势的产业,坚守和弘扬传统科学理念十分必要,但同时又必须正视我们 14 亿多人口大国,吃饭永远是天字号问题的

严峻现实。要注重学习借鉴经过几百年发展的国外农业的现代科技和装备,又要汲取过度化石农业的深刻教训,将优秀的理念与先进的技术有机结合,打造符合中国现实需求,满足未来发展需要的基础产业。

有机旱作农业首先应该具备“四高”特征:一是高产出,解决好国人的吃饭问题。新冠疫情爆发,不少国家第一时间禁止或减少了粮食出口,导致粮价大幅上涨,如高粱、玉米和小麦的涨幅曾分别高达 82.0%、45.5% 和 19.8%^[29],俄乌冲突再一次使全球粮食安全形势骤然紧张,给了我们深刻的启示和警示。二是高质量,绿色、优质、健康、功能是当今人们对生活水平和生活质量提高的必然追求。三是高效率,水、土、肥各种资源要多级循环利用,做到绿色、生态、节约、高效(率),我们已经难以承受资源浪费和环境污染的双重压力。四是高效益,要加快推进艺机一体的机械化、自动化、智能化技术的创新应用,做到轻简、省力、低耗、高效(益)。只有将数量、质量、效率、效益都兼顾起来,才能实现真正的可持续^[30]。

4.2 注重多要素协同和多学科交叉

干旱是北方地区农业生产的首要限制因子。几十年来,对于旱农的研究不可谓不重视,以至于几乎找不到未涉及的领域,有些领域已经比较深入,但真正应用于生产、服务产业还是问题成堆,“1 公里”、“几公里”现象十分突出。究其原因,我们的研发也走了一条“西医思想”的路径,学科之间、专业之间协作不够,缺少交叉融合,导致创新效率低、支撑能力差,事倍而功半。有机旱作农业的发展必须强调有机联系、有机整体、协同高效的“中医理念”。一是注重水、土、肥协同耦合,通过自然降水高效利用、有机物料高效循环,实现增碳沃土培肥、扩蓄增容保墒,培育抗旱土壤,打造最佳作物生长环境;二是注重良种、良法,“艺机一体化”配套,育种不仅要考虑高产、抗逆、耐瘠、优质、功能,还要考虑适宜机械化的种、管、收,栽培不仅要考虑轻简省力高效,还要考虑有针对性挖掘品种优势功能潜力;三是在团队组建、项目设计上,要有全科医生的思维,开展有组织的科研,要把多个相关学科和专业在一开始就纳入到一个整体之中开展实质性系统化协作,而不是单项成果出来之后再组装、再配套,使得效果大打折扣。所以有机旱作科技研发,要特别重视多学科、多专业、大团队、成体系协同作

战,突出加性集成效应。

4.3 要与地方自然资源和特色产业紧密结合

“一方水土养一方人”,农业生产的最大特点就是地域性。发展有机旱作农业要注重与区域自然资源和特色产业紧密结合,整体统筹谋划、协同发展,形成“1+1>2”的融合效应,实现良性循环和高质量发展。以山西为例,独特的气候条件和自然生态造就了丰富的物产资源,享有“杂粮王国”、“黄金养殖带”、“优质粮果带”、“中药材资源大省”等美誉,这正是习近平总书记所讲的“特”和“优”^[30-31]。比如沁州小米、岚县马铃薯、岢岚红芸豆、静乐藜麦、大同黄花菜、吉县苹果、隰县玉露香梨、汾阳核桃、稷山板枣、上党党参、浑源黄芪等,这些都是当地的宝贝,必须倍加珍惜。如何挖掘潜力使这些产品和产业更特、更优?一方面要立足省情、农情,科学顶层设计,高位推动,把市场和计划有机结合起来,要高端定位、适度规模、有序发展,因地制宜走好有机旱作农业之路,有效保护、保持好地方特色和优势;另一方面要充分发掘“特、优”农产品的功能作用,组织好大有机生产。只有绿色、优质、健康、功能兼备,产品的技术含量附加值才能高,市场竞争力才能强,经济效益才能好,才能打造并最终形成有机旱作农业品牌,促进农业转型高质量发展,加速农业现代化进程,助力乡村振兴战略和农业强国建设。

参考文献:

- [1] 王娟玲. 立足有机旱作全面推进功能食品(农业)发展[J]. 山西农业科学, 2017, 45(11): 1900-1902.
WANG J L. Promoting the development of functional food(agriculture) based on organic dry farming[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2017, 45(11): 1900-1902.
- [2] 王娟玲. 有机旱作农业助乡村振兴[N]. 人民日报, 2020-05-24(10).
WANG J L. Organic dry farming helps rural revitalization[N]. People's Daily, 2020-05-24(10).
- [3] 张娟玲. 农业“艺机一体化”的实践与思考[J]. 山西农业科学, 2014, 42(9): 1040-1045.
WANG J L. Practice and consideration of “Farming Technology and Mechanization Synchronism” [J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2014, 42(9): 1040-1045.
- [4] 郭少雅. 推动有机旱作农业发展[N]. 农民日报, 2020-05-27(7).
GUO S Y. Promoting the development of organic dry farming agriculture[N]. Farmers' Daily, 2020-05-27(7).
- [5] 郭文韬. 关于“畎亩法”的辨析[J]. 中国农史, 1995, (2): 21-24, 10.
GUO W T. Differentiation and analysis of "Pimu Method" [J]. Agri-

- cultural History of China, 1995, (2): 21-24, 10.
- [6] 邵侃. “代田法”新解——汉族农业遗产的个案研究[J]. 原生态文明文化学刊, 2010, 2(2): 9-15.
SHAO K. A new interpretation of the traditional agrotechnique - Daitianfa: the case study of the agricultural heritage of Han nationality [J]. Journal of Original Ecological National Culture, 2010, 2(2): 9-15.
- [7] 惠富平, 孙雁冰. 《齐民要术》农耕文化价值的再认识[J]. 中国农史, 2020, 39(2): 50-57.
HUI F P, SUN Y B. Re-recognition on the value of cultivation culture in Qi Min Yao Shu[J]. Agricultural History of China, 2020, 39(2): 50-57.
- [8] 莫鹏燕, 张永辉. 秦汉魏晋南北朝时期中国古代农书及其编辑实践研究[J]. 出版广角, 2016, (15): 55-57.
MO P Y, ZHANG Y H. Research on ancient Chinese agricultural books and their editing practice during the Qin, Han, Wei, Jin, Northern and Southern Dynasties [J]. View on Publishing, 2016, (15): 55-57.
- [9] 黄国勤, 王兴祥, 钱海燕, 等. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 生态环境, 2004, 13(4): 656-660.
HUANG G Q, WANG X X, QIAN H Y, et al. Negative impact of inorganic fertilizes application on agricultural environment and its countermeasures[J]. Ecology and Environmental, 2004, 13(4): 656-660.
- [10] 周雷. 施用化肥对农业生态环境的负面影响及对策[J]. 农民致富之友, 2018, (7): 82.
ZHOU L. Negative impact of inorganic fertilizes application on agricultural environment and its countermeasures[J]. Friends of Farmers Who Become Rich, 2018, (7): 82.
- [11] 高小朋, 贺晓龙, 任桂梅, 等. 化肥不合理施用带来的危害探析[J]. 农技服务, 2011, 28(9): 1289-1290, 1366.
GAO X P, HE X L, REN G M, et al. The harm of fertilizer for unreasonable application[J]. Agricultural Technology Service, 2011, 28(9): 1289-1290, 1366.
- [12] 高明国, 朱启臻. 化肥不合理施用中负外部性产生的原因、表现及对策研究[J]. 河南农业科学, 2008, (12): 67-70.
GAO M G, ZHU Q Z. The reason, performance and resolution of externalities in unreasonable usage of fertilizer [J]. Journal of Henan Agricultural Sciences, 2008, (12): 67-70.
- [13] 刘华. 过量施用化肥对环境的污染及其防治措施探讨[J]. 甘肃农业, 2005, (11): 35.
LIU H. Discussion on environmental pollution caused by excessive application of chemical fertilizer and its prevention measures[J]. Gansu Agriculture, 2005, (11): 35.
- [14] OZLU E, KUMAR S. Response of soil organic carbon, pH, electrical conductivity, and water stable aggregates to long-term annual manure and inorganic fertilizer[J]. Soil Science Society of America Journal, 2018, 82(5): 1243-1251.
- [15] OZLU E, KUMAR S. Response of surface GHG fluxes to long-term manure and inorganic fertilizer application in corn and soybean rotation[J]. Science of the Total Environment, 2018, 626: 817-825.
- [16] BABUR E, USLU Ö S, BATTAGLIA M L, et al. Nitrogen fertilizer

- effects on microbial respiration, microbial biomass, and carbon sequestration in a Mediterranean grassland ecosystem[J]. *International Journal of Environmental Research*, 2021, 15(4): 655-665.
- [17] 张恩波. 作物秸秆还田利用的农民意愿及其影响因素研究——以潍坊市为例[D]. 武汉:华中农业大学,2016.
- ZHANG E B. A study on farmers' willingness to return crop straw to field and its influencing factors; a case study of Weifang city[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2016.
- [18] 吕开宇, 仇焕广, 白军飞, 等. 中国玉米秸秆直接还田的现状与发展[J]. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(3): 171-176.
- LYU K Y, QIU H G, BAI J F, et al. Development of direct return of corn stalk to soil: current status, driving forces and constraints[J]. *China Population · Resources and Environment*, 2013, 23(3): 171-176.
- [19] 《中国猪业》编辑部. 农业部我国畜禽粪便养分还田率低于50% [J]. *中国猪业*, 2015, 10(11): 78.
- Editorial office of China Swine Industry. Ministry of agriculture China's livestock and poultry manure nutrient return rate is less than 50% [J]. *China Swine Industry*, 2015, 10(11): 78.
- [20] 高博. 重庆市典型土壤耕作力学特性及深松性能研究[D]. 重庆: 西南大学,2017.
- GAO B. Study on tillage mechanics of typical soil and subsoiling performance in Chongqing[D]. Chongqing: Southwest University, 2017.
- [21] 王鑫, 符德龙, 徐梦洁, 等. 毕节市植烟土壤耕层厚度空间分布及其与地形因子的相关性[J]. *中国烟草科学*, 2019, 40(2): 23-29.
- WANG X, FU D L, XU M J, et al. Relationship between the spatial distribution of soil cultivation layer thickness and the geographical factors in tobacco planting land in Bijie city[J]. *Chinese Tobacco Science*, 2019, 40(2): 23-29.
- [22] 康凤琴. 地膜覆盖的气候效应[J]. *甘肃气象*, 1991,(1): 7-11.
- KANG F Q. Climatic effect of plastic film mulching[J]. *Gansu Meteorology*, 1991,(1): 7-11.
- [23] 辛静静, 史海滨, 李仙岳, 等. 残留地膜对玉米生长发育和产量影响研究[J]. *灌溉排水学报*, 2014, 33(3): 52-54.
- XIN J J, SHI H B, LI X Y, et al. Effects of plastic film residue on growth and yield of maize[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2014, 33(3): 52-54.
- [24] 曲建翹. 塑料微粒是怎样进入人体内的? [J]. *抗癌之窗*, 2019, (2): 74-80.
- QU J Q. How do plastic particles enter the human body? [J]. *Cancer Frontier*, 2019, (2): 74-80.
- [25] TAHIR A, ROCHMAN C M. Plastic particles in Silverside(*Stolephorus heteroleobus*) collected at Paotere fish market, Makassar[J]. *International Journal of Agriculture System*, 2014, 2(2): 163-168.
- [26] 朱春雨, 杨峻, 张楠. 全球主要国家近年农药使用量变化趋势分析[J]. *农药科学与管理*, 2017, 38(4): 13-19.
- ZHU C Y, YANG J, ZHANG N. Trend analysis of pesticide use in major countries of the world [J]. *Pesticide Science and Administration*, 2017, 38(4): 13-19.
- [27] 龙新. 农业部下发农药产业健康发展意见明确近期发展目标[J]. *中国食品*, 2017,(14): 172.
- LONG X. The Ministry of Agriculture issued an opinion on the healthy development of the pesticide industry to clarify the short-term development goals[J]. *China Food*, 2017,(14): 172.
- [28] 王娟玲. 发展有机旱作农业的几个关键问题[Z]. *农业嘉年华*, 2020.
- WANG J L. Several key issues in developing organic dry farming[Z]. *Agricultural carnival*, 2020.
- [29] 陈志钢, 詹悦, 张玉梅, 等. 新冠肺炎疫情对全球食物安全的影响及对策[J]. *中国农村经济*, 2020,(5): 2-12.
- CHEN Z G, ZHAN Y, ZHANG Y M, et al. The impacts of COVID-19 on global food security and the coping strategy[J]. *Chinese Rural Economy*, 2020,(5): 2-12.
- [30] 姚联合, 程春生. 山西要做好有机旱作和功能农业大文章[N]. *中国科学报*, 2018-04-04(5).
- YAO L H, CHENG C S. Shanxi should do a good job in organic dry farming and functional agriculture[J]. *China Science Daily*, 2018-04-04(5).
- [31] 建成有机旱作农业自主创新示范区——访全国人大代表、山西省农业科学院副院长王娟玲[N]. *中国改革报*, 2018-03-12(16).
- Build an independent innovation demonstration zone for organic dry farming agriculture: interview with Wang Juanling, representative of the National People's Congress and vice president of the Shanxi Academy of Agricultural Sciences[N]. *China Reform Daily*, 2018-03-12(16).