

绿肥在旱作农业区的应用综述

续创业, 王甲玺

(甘肃省平凉市农业科学院, 甘肃 平凉 744000)

摘要: 回顾了绿肥在旱作农业区的种植历史, 综述了目前国内外绿肥在旱作农业生产中的应用研究进展。并提出要因地制宜, 重视绿肥新品种引进及选育、配套种植、翻压模式等技术的集成优化和综合利用技术研究, 提高绿肥经济和生态效益等对策。

关键词: 绿肥; 旱作农业; 进展

中图分类号: S55 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2017)09-0059-04

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2017.09.019

旱作农业, 又称“雨养农业”, 指在降水稀少又无灌溉条件的干旱、半干旱和半湿润易旱地区, 即年降水量 250~800 mm 的地区, 不靠灌溉而采用一系列抗旱农业技术进行生产的雨养农业。我国旱作农业地区面积大, 约占国土陆地面积的

56%, 全国耕地的 60% 以上为旱地。研究表明, 年降水量 400 mm 左右或以上的旱作地区采用适宜的耕作措施, 降水可生产 6.0~7.5 kg 谷物^[1]。水分短缺和土壤贫瘠是限制我国旱作农业生产发展的两大因子, 并且二者联系紧密, 相互作用, 表现

收稿日期: 2017-04-01

基金项目: 陇原青年创新人才扶持计划“利用矮败基因源轮回选择创新冬小麦种质资源的应用研究”部分内容。

作者简介: 续创业(1983—), 男, 甘肃静宁人, 农艺师, 主要从事冬小麦育种及高效栽培技术研究工作。联系电话: (0)13649333529。E-mail: plnksxcy@126.com。

通信作者: 王甲玺(1963—), 男, 甘肃静宁人, 副研究员, 主要从事农业科研和技术推广工作。联系电话: (0)13993391967。E-mail: 1161906345@qq.com。

地深入各乡镇, 开展啤特果产业发展全程式督促检查和指导。二是全面开展科技推广和人员培训工作。紧密结合啤特果产业化发展中的规划设计、良种培育、病虫害防治等内容, 组织技术人员开展技术承包、技术培训和技术服务, 为果农传经送宝。三是发挥和政县啤特果协会的作用, 做好组织、协调生产、加工、销售等各个环节的服务工作。推进统一的管理模式, 严格规范啤特果从生产到销售的各个环节, 统一标准、统一分级、统一收购、统一品牌、统一包装、统一检验、统一价格, 制定营销策略, 促进啤特果产业优化升级。

参考文献:

- [1] 刘彩云, 彭章普, 魏晋梅. 酸巴梨营养成分分析[J]. 食品工业, 2017(2): 292-295.
- [2] 新华网甘肃频道. 和政啤特果[EB/OL]. (2017-06-09) [2017-06-16]http://www.gs.xinhuanet.com/dfpd/2004-06/16/content_2326179.htm.
- [3] 杨明俊, 吴婧, 王永刚, 等. 啤特果粗多糖提取工艺优化[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(1): 205-208.
- [4] 王永刚, 任海伟, 王晓力, 等. 啤特果营养成分的分析评价[J]. 现代食品科技, 2013, 29(12): 2991-

2996.

- [5] 申红梅. 临夏州啤特果果汁生产中存在的问题及建议[J]. 甘肃农业科技, 2009(4): 49-50.
- [6] 段淇斌, 赵冬青. 西部贫困地区产业扶贫模式创新研究——以临夏州和政县啤特果产业为例[J]. 开发研究, 2015(6): 55-58.
- [7] 闫作平. 临夏州经济林产业发展现状[N]. 民族日报, 2016-04-11(2).
- [8] 和政县财政局, 和政县扶贫办. 立足县情实际着眼精准扶贫——和政县扶贫工作纪实[J]. 发展, 2016(1): 16-19.
- [9] 马俊平. 和政县做大做强富民产业[N]. 民族日报, 2015-05-20(1).
- [10] 钱明. 和政县发展啤特果产业的调查与思考[EB/OL]. (2015-04-02)[2017-06-16]http://www.gstj.gov.cn/www/HdClsContentDisp.asp?Id=2952.
- [11] 邹海林. 和政: 多元产业富民新常态[N]. 甘肃日报, 2015-07-16(5).
- [12] 石培贤. 临夏州啤特果生产现状及发展对策[N]. 民族日报, 2016-05-30(2).
- [13] 邢志平. 临夏县皮胎果产业发展现状与对策[J]. 现代农业科技, 2016(13): 130-131.

(本文责编: 杨杰)

为“旱地多薄，薄地易旱，旱薄相连”。因此，旱作农业的发展，与我国农业生产水平的提高和未来自来粮食安全有密切的关系。

长期以来，由于旱作农业区年际和年内分布不均的降水、特殊的土层结构和不合理的耕作措施，使得旱作区水土流失严重，土壤质量和肥力水平不断下降，薄地已逐渐超越旱地，成为制约旱作农业生产的主要限制因子^[2]。绿肥是指所有能翻耕到土壤用作肥料的绿色植物。其作为一种高效培肥地力的作物，能够有效提高土壤肥力水平和养分含量，改善土壤通气、保水和保肥等物理特性^[3-4]。同时作为一种优质的有机肥，能为后茬作物提供丰富的养分来源的作物，可解决当前旱作农业生产中由于过度依赖化学肥料，导致作物产量难以进一步提高、农产品安全受到威胁、土壤质量下降，面污染日益严重等问题^[5]，对实现 2020 年农作物化肥零增长行动具有重要的现实意义。

1 绿肥作物在旱作农业区的种植历史

早在 3 000 多年前，我国古代劳动人民就有种植绿肥为农作物生长提供所需养分的案例。在西汉时期，甘肃省就引进紫花苜蓿来提供优质饲料和改良土壤，到明清时期，已经成为粮食丰产栽培的重要绿肥作物^[5]。北魏时期，著名农学家贾思勰在《齐民要术》中提到：“凡美田之法，绿豆为上，小豆、胡麻次之”，初步探讨了绿肥作物在轮作制度中的地位，对绿肥进行总结，由此绿肥成为一种学科体系^[6]。由此可见，先民就已经认识到农业生产体系中引入绿肥作物的重要性，并将在实际生产中加以推广、利用。

新中国成立以来，我国农业发展迅速，化肥工业远远无法满足农业生产需要，使得绿肥生产得到迅猛扩增。据统计，20 世纪 50 年代我国绿肥种植面积约为 170 万 hm^2 ，到 70 年代我国绿肥种植面积增至 1 300 万 hm^2 ，约占当时耕地面积的 12.5%^[7]。但自 20 世纪 80 年代开始，随着化肥工业的迅猛发展，人们在农业生产中发现施用化肥较种植绿肥能带来即时经济效益和便利性，从而形成了“重化肥轻有机肥、重用地轻养地”的不良用地习惯，导致绿肥种植面积逐年下降。据统计，甘肃省 1949 年绿肥种植面积为 8.7 万 hm^2 ，1955 年扩大为 12.9 万 hm^2 ，1975 年为 58.93 万 hm^2 ，创甘肃绿肥生产历史之最，而到 1991 年下降至 12.4 万 hm^2 ，到 2005 年仅为 4.8 万 hm^2 ^[5]。

随着绿肥种植面积的锐减，化肥使用量扩增迅猛。据统计，我国化肥年用量达到 5 600 万吨(折纯量)，占全球氮肥消耗量的 35%。随着化肥农药的大量使用和不合理的田间耕作，导致我国耕地土壤肥力不断下降、土壤板结严重、水土流失、土壤重金属污染日益严重。为此，农业部制定了《到 2020 年化肥施用量零增长行动实施方案》。绿肥作为一种生物肥源，将在土壤地力培肥、改良土壤、增加作物产量方面有不可替代的作用，将重新成为农业生产中重要的肥源，在保持我国农业可持续发展中起到重要作用。

2 绿肥在旱作农业中的应用研究

2.1 绿肥对土壤肥力的影响

有机质是衡量土壤质量指标的重要指标之一，能有效的增强土壤微生物的活性，并提高土壤的理化性质^[8]。绿肥含有丰富的有机质(12%~15%)，绿肥翻压后能有效的提高土壤有机质和氮素含量。研究表明，30 t 鲜豆草能增加每 1 hm^2 耕层土壤 30 kg 有机质和 3~6 kg 氮素^[9]。翻压大绿豆、白三叶和黑麦草的土壤有机质含量均明显高于对照^[10]。翻压草木樨、大豆、沙打旺和油葵的土壤有机质含量均呈现一定的提高趋势，其中草木樨和大豆处理的棉田土壤有机质含量分别较对照提高 8.58% 和 1.01%^[11]。赵秋等^[12]研究表明，翻压二月兰的土壤有机质较对照增加 1.64%~15.4%。方日尧等^[13]在黄土高原地区连续 10 a 单播紫花苜蓿用作绿肥的长期定位试验发现，土壤全氮、有机质和速效养分含量均较对照田表现出显著的提升效果。有研究发现，长期施用绿肥可有效提高土壤松结态、稳结态以及紧结态腐殖质含量。张久东等^[14]认为，翻压绿肥作物能够显著提高旱地土壤的供氮能力。李正等^[15]研究表明，翻压绿肥比对照处理的土壤全氮和碱解氮含量分别提高 8.9%~41.0% 和 11.6%~20.9%。

同时随着土壤有机质增加，促进土壤形成良好的有机无机复合胶体，有利于土壤团聚体和土壤疏松结构的形成，改善了土壤物理性状。有研究表明，在茶园连续 3 a 行间种植翻压黑麦草，土壤容重从 1.59 g/cm^3 降低到 1.43 g/cm^3 ，土壤总孔隙度从 42.3% 上升到 47.7%。种植绿肥后，在 0~20 cm 的根层土壤，土壤容重由 1.25 g/cm^3 减少到 1.0 g/cm^3 ，孔隙度由 53% 增加到 62%，空气含量增加了 15.36%。种植绿肥还可以改善土壤酸碱度。杨冬艳等^[16]发现种植绿肥能显著降低土壤

pH, 可以减轻由于施用农家肥和化肥导致的土壤次生盐渍化的程度。在梨园种植毛叶管子生草的研究表明, 连续3 a 年生草与对照相比, 土壤 pH 由 7.84 降低为 7.17; 有机质含量由 4.25 g/kg 提高到 6.44 g/kg, 增加了 51.5%。以上研究均表明, 翻压绿肥作物能显著改善土壤结构状况, 增加土壤有机质含量, 提高土壤肥力。

2.2 绿肥对土壤水分的影响

旱作农业区由于不合理的耕作制度, 在降雨集中的季节难以蓄积有效降水, 反而易发生水土流失, 最终降低土壤肥力。有研究表明, 在黄土高原夏闲期土壤贮水量占降水的百分比只有 10%~15%^[17], 说明大部分降水被无效损失。由于绿肥的茎叶具有一定的覆盖地面的作用, 可减缓集中降雨对土壤表层的冲刷, 防止水土流失, 同时可减少土壤耕层水分蒸发, 有利于土壤增墒保蓄。王国友^[18]在坡耕地种植绿肥的试验结果表明, 种植一季绿肥, 平均 1 hm² 减少水土流失量为 26.1 t。杨承建^[19]研究报道, 绿肥能够降低土壤蒸发和地表径流损失, 节约效果相当于同一时期增加降水量 400~500 mm。Allen 等^[20]通过 12 a 的长期定位试验发现, 在适当的田间管理情况下, 半干旱地区休闲期应用豆类绿肥较传统的小麦—休闲体系能维持长达 3 个轮作周期的水分生产力。杨曾平^[21]研究表明, 在稻田休闲期种植紫云英、黑麦草和油菜, 0~15 cm 土层土壤含水量较对照(休闲)分别增加 13.0%、10.3%和 4.7% ($P < 0.05$)。因此, 在休闲期种植绿肥能够有效利用当季的自然降水, 对提高夏闲期的水分利用和培肥旱地土壤至关重要。但由于绿肥为了满足自身生长对土壤水分的额外消耗, 已经成为旱作农业区应用绿肥措施的主要弊端和障碍因素之一^[22]。

2.3 绿肥对作物生产及产量的影响

翻压绿肥能显著改善土壤结构状况, 提高土壤肥力, 最终促进作物高产。关于旱作农业区绿肥对后茬作物, 主要是小麦、油菜、玉米等作物产量方面的研究较多, 其中后茬作物产量还与绿肥施用模式、后茬作物等因素有关。蒋维新等^[23]研究表明, 在旱作农业区连续 5 a 种植苜蓿的第一季小麦, 比连续 5 a 单作小麦增产 1 550 kg/hm², 增产达 75.7%; 姚鹏伟等^[24]研究表明, 夏季休闲期种植并翻压长武怀豆、大豆, 可以增加旱作小麦穗数, 使小麦经济产量提高 16%~30%。研究表明, 陕西关中地区夏季休闲期种植豆科绿肥较

免耕休闲处理冬小麦分别增产 21.1%(光叶毛苕子)和 24.3%(毛苕子)。韩梅等^[25]种植绿肥毛苕子后种植油菜, 发现在不施肥条件下, 毛苕子收割留茬处理比对照(不种植毛苕子)增产 1.06%; 同等施肥条件下翻压 2 000 kg/hm² 毛苕子处理比收割留茬处理增产 18.40%。郑元红等^[26]发现, 绿肥(油菜和光叶紫花苕)还田处理的玉米产量较对照平均增产 31.3%~33.0%, 可显著改良中低产田。孙锐锋等^[27]研究发现, 绿肥可提高玉米产量及籽粒粗蛋白含量。陈正刚等^[28]研究表明, 翻压绿肥后玉米植株的生物量和养分吸收均呈现提高的效果。

但在旱作农业区也有种植绿肥对后茬小麦无明显增产甚至减产的报道。Vigili^[29]和 Nieslsen^[30]研究发现, 在北美大平原, 由于在休闲期种植的豆类绿肥消耗大量的土壤水分, 导致后茬小麦大幅度减产; Zhang 等^[31]研究指出, 在干旱年份种植绿肥显著降低冬小麦籽粒产量; 张春等^[32]研究结果表明, 种植豆科绿肥, 冬小麦穗数较休闲处理降低 13.8%~23.4%, 籽粒产量减少 18.6%~31.3%。

综上所述, 绿肥在旱作农业中的主要作用是改善土壤物理性状, 提高土壤肥力水平, 接纳有效降水, 降低水土流失, 减少土壤表层水分蒸发等, 从而提升土壤肥力水平, 使后茬作物能够稳产、增产。

3 结束语

当前旱作农业区绿肥种植主要存在农民认识不足、品种退化和关键技术落后等问题^[5], 主要原因首先在于种植绿肥的收益不如直接使用化肥明显, 农民普遍认为种植绿肥经济效益低, 积极性不高; 其次是适合在旱作农业区种植的绿肥品种较少, 在品种选育方面研究不够, 品种退化问题突出; 再次是由于旱作农业区特殊的自然生态条件(气温、降水、土壤肥力等因素)的限制, 所选用绿肥的种类、种植模式、翻压模式等关键技术对培肥土壤、提高后茬作物产量方面影响较大, 目前对这些技术集成优化研究不够。

绿肥作为我国传统农业的精华, 利用绿肥改良培肥土壤, 发展生态农业, 对于实现 2020 年农作物化肥零增长行动有着重要的现实意义。针对目前绿肥种植存在的问题, 应该从以下几方面考虑。首先国家要加大在绿肥方面的政策性投入, 制定相应政策, 鼓励农民利用绿肥培肥地力, 改变当前农民普遍存在依靠化肥, 忽视绿肥的观念;

其次要加强对绿肥科研的资金投入以及科研成果的推广,尤其重视适宜当地生态条件的绿肥新品种引进及选育、配套种植、翻压模式等技术的集成优化等,切实提高绿肥经济和生态效益;再次要加大绿肥的综合利用技术研究,研究绿肥肥田、养畜、增粮的合理结构体系,开发绿肥在青贮、食用、加工等方面的用途,提高绿肥直接经济效益。

参考文献:

- [1] 李生秀. 旱地: 农业发展的寄托[J]. 自然杂志, 2008, 30(6): 344-349.
- [2] 李生秀. 提高旱地土壤氮肥利用效率的途径和对策[J]. 土壤学报, 2002(39): 56-76.
- [3] 张达斌, 姚鹏伟, 李婧, 等. 豆科绿肥及施氮量对旱地麦田土壤肥力的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(7): 2272-2281.
- [4] 赵娜, 赵护兵, 曹群虎, 等. 渭北旱区夏闲期豆科绿肥对土壤肥力性状的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(2): 124-128; 146.
- [5] 包兴国, 曹卫东, 杨文玉, 等. 甘肃省绿肥生产历史回顾及发展对策[J]. 甘肃农业科技, 2011(12): 41-44.
- [6] 焦彬. 中国绿肥[M]. 北京: 农业出版社, 1986.
- [7] 陈礼智, 王隽英, 郭永兰, 等. 我国绿肥种植利用概况[J]. 土壤肥料, 1987(4): 29-38.
- [8] CAMPBELL C A, MCCONKEY B G, ZENTNER R P, *et al.* Tillage and crop rotation effects on soil organic C and N in a coarse-texture red Typic Haploboroll in southwestern Saskatchewan[J]. Soil and Tillage Res. 1996, 37: 3-14.
- [9] 王秀芝. 绿肥对土壤的培肥改土作用和合理利用技术[J]. 安徽农学通报, 2005, 11(6): 89-92.
- [10] 姜培坤, 徐秋芳, 周国模, 等. 种植绿肥对板栗林土壤养分和生物学性质的影响[J]. 北京林业大学学报, 2007, 29(3): 120-123.
- [11] 李银平, 徐文修, 李钦钦, 等. 绿肥压青对棉田土壤肥力的影响[J]. 新疆农业科学, 2009(2): 262-265.
- [12] 赵秋, 高贤彪, 吴迪, 等. 越冬绿肥二月兰耐盐能力及在盐碱耕地上的培肥效果[J]. 中国土壤与肥料, 2010(4): 65-68.
- [13] 方日尧, 同延安, 耿增超, 等. 黄土高原区长期施用有机肥对土壤肥力及小麦产量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2003, 11(2): 47-49.
- [14] 张久东, 包兴国, 胡志桥, 等. 绿肥与化肥配施对小麦产量和土壤肥力的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(6): 125-129.
- [15] 李正, 刘国顺, 叶协锋, 等. 绿肥翻压年限对植烟土壤微生物量 C、N 和土壤 C、N 的影响[J]. 江西农业学报, 2010, 22(4): 62-65; 68.
- [16] 杨冬艳, 郭文忠, 张丽娟. 绿肥种植及翻压对日光温室土壤环境的影响[J]. 北方园艺, 2009(10): 146-148.
- [17] 李生秀, 肖俊璋, 程素云, 等. 论我国旱地土壤的水管理[J]. 干旱地区农业研究, 1989(1): 1-10.
- [18] 王国友. 种植绿肥对生态环境的作用和效果[J]. 安徽农学通报, 2011, 17(13): 132.
- [19] 杨承建. 长治市旱地果园土壤肥力状况及培肥措施[J]. 河北农业科学, 2013, 7(1): 68-70.
- [20] ALLEN B L, J L PIKUL, JR J T Waddell, *et al.* Long-Term lentil green-manure replacement for fallow in the semiarid northern Great Plains[J]. Agron., 2011, 103: 1292-1298.
- [21] 杨曾平. 长期冬种绿肥对红壤性水稻土质量和生产力可持续性影响的研究[D]. 长沙: 湖南农业大学, 2011.
- [22] SCHLEGEL A J, HAVLIN J L. Green fallow for the central Great Plains[J]. Agron., 1997, 89(5): 762-767.
- [23] 蒋维新, 秦志前. 发展绿肥增加肥源[J]. 甘肃农业科技, 1996(8): 30-32.
- [24] 姚鹏伟, 张达斌, 王峥, 等. 豆科绿肥养分累积规律及其对后茬小麦生长和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2014, 42(3): 111-117.
- [25] 韩梅, 张宏亮, 郭石生, 等. 复种绿肥对后茬作物增产及肥地效果的研究[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(17): 4080-4082.
- [26] 郑元红, 潘国元, 毛国军, 等. 不同绿肥间套作方式对培肥地力的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(1): 79-81.
- [27] 孙锐锋, 李剑, 肖厚军, 等. 绿肥与秸秆混合还土效果试验[J]. 贵州农业科学, 2007, 35(5): 72-74.
- [28] 陈正刚, 田晓琴, 李剑, 等. 贵州旱地玉米绿肥与氮磷钾化肥的效益研究, 耕作与栽培[J]. 2010, 38(3): 32-33.
- [29] VIGIL M F, D C NIELSEN. Winter wheat yield depression from legume green fallow[J]. Agron., 1998, 90(6): 727-734.
- [30] NELSON D W, SOMMERS, L E. Total carbon, organic carbon, and organic matter[M]. Madison: Soil Science Society of America, 1996: 961-1010.
- [31] ZHANG S L, SIMELTON E, LOVDAH L, *et al.* Simulated long-term effects of different soil management regimes on the water balance in the Loess Plateau, China[J]. Field Crops Res., 2007, 100: 311-319.
- [32] 张春, 杨万忠, 韩清芳, 等. 夏闲期种植不同绿肥作物对土壤养分及冬小麦产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2014, 32(2): 66-72.

(本文责编: 陈珩)