

中国保护性耕作试验研究的产量效应

胡立峰

(国家开放大学农林医药教学部, 北京 100039)

摘要:为探究中国保护性耕作研究的产量效应及区域分布情况, 收集自2006年至2019年3月公开发表的涉及保护性耕作的研究论文, 对田间试验条件下具有明显产量效应的期刊论文进行整理分析。研究发现, 在全部产量研究的结果中, 增产、平产、减产的研究结果所占比例分别约为60.96%、24.32%和14.72%。保护性耕作产量效应的区域特色表现在东北地区实施保护性耕作产量研究结果多为增产, 增产结果约占77%; 而平产和减产的研究结果在黄淮海、华北平原较多, 分别约为32%和22%。在保护性耕作产量研究的试验中, 秸秆处理措施研究占全部研究的60%以上, 少免耕研究相对较少, 且免耕是减产研究结果中占比最多的保护性耕作措施。小麦、玉米、水稻仍然是保护性耕作主要的研究对象, 78%以上的研究集中在这三种作物上。随着生态环境日益受到重视, 越来越多的作物将成为保护性耕作的研究对象。

关键词:保护性耕作; 产量效应; 秸秆处理; 少免耕

中图分类号: S34

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2020)04-0040-05

Yield Effects of Conservation Tillage Experiments in China

HU Lifeng

(Faculty of Agriculture, Forestry and Medicine, The Open University of China, Beijing 100039, China)

Abstract: To understand the effects of conservation tillage on crop production and regional distribution of conservation tillage research in China, we analyzed the relevant research from 2006 to March 2019 and summarized our findings herein. Our investigation indicated that, among all research papers regarding conservation tillage, the percentages of reported yield increase, no effect, and yield reduction were 60.96%, 24.32% and 14.72%, respectively. The effect of conservation tillage on crop production was distinct in different regions: yields were mostly increased in Northeast China (77%); while yields were either not affected or reduced at a considerable proportion in the Huanghuaihai (32%) and North China Plains (22%). Among different practices of conservation tillage, straw treatment studies accounted for more than 60%, and reduced or no-tillage were less studied. Wheat, maize and rice remain the main research subjects for conservation tillage, with more than 78% of studies focusing on these three crops. In addition, no-tillage caused the most yield reduction in all protective tillage measures.

Key words: Conservation tillage; Yield response; Straw treatment; Minimum or no tillage

国内关于保护性耕作的研究, 近二十年一直维持在较高的热度。以“保护性耕作”为主题, 在中国知网查询显示: 1998年之前保护性耕作文献每年都在十篇以下, 2002年达到百篇之后, 此后平均每年维持在400篇左右。保护性耕作是从防治土壤侵蚀发展起来的, 20世纪60年代美国开始推广经过20多年试验研究的免耕法, 80年代成为美国主流耕作技术, 1995年更名为保护性耕作法^[1]。2005年, 我国中央一号文件提出“改革传统

耕作方法, 发展保护性耕作”, 此后, 保护性耕作在我国得到了快速发展。尽管保护性耕作研究的广度和深度不断加强, 但从大量文献中可以看出对保护性耕作的认识不尽相同, 很多文献将“与当地传统耕作不同的耕作与种植模式”界定为保护性耕作。本研究采用的保护性耕作的定义为: 用大量秸秆残茬覆盖地表, 将耕作减少到只要能保证种子发芽即可, 主要用农药来控制杂草和病虫害的耕作技术^[2]。在进行文献筛选时, 单纯的少、免耕或秸秆还田以及少、免耕+秸秆还田都归为保护性耕作措施。

保护性耕作的研究涉及土壤理化性状、作物产量、温室气体排放等多个领域^[3-4], 在作物产量

收稿日期: 2019-04-27

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201003053)

作者简介: 胡立峰(1972-), 男, 副教授, 博士, 研究方向为保护性耕作与农业生态。

研究上以增产为主,但也有一些试验研究报道了减产结果。谢瑞芝等^[5]曾对1994~2005年期间涉及保护性耕作产量效应的文献进行了分析,本研究在此基础上,对2006年至今涉及保护性耕作产量效应的文献进行分析,进一步明确中国保护性耕作对作物的产量效应,揭示不同保护性耕作措施的产量效应及区域特点,为保护性耕作研究提供指导。

1 材料与方 法

通过中国知网,以少耕、免耕、秸秆覆盖、秸秆还田、保护性耕作作为关键词,搜索2006年至2019年3月中国公开发表的与保护性耕作研究相关的研究论文共10 678篇,按以下标准进行筛选:(1)须为期刊试验论文,学位论文涉及内容较多,暂不进行统计分析;(2)须为田间试验且有周密的试验设计,排除实验室盆栽试验和网室试验等;(3)试验数据进行了显著性分析;(4)试验有对产量影响的清晰描述。在此标准下,共筛选出研究论文333篇,作为本研究的原始数据,经整理和分析,获得保护性耕作研究的相关产量结果。

在进行相关分析时,单纯因耕作(少、免耕与翻耕对照)或秸秆(秸秆覆盖与秸秆移除对照)引起产量增减的归为少免耕和秸秆还田;由耕作与秸秆共同引起产量变化的归为综合措施。大量文献中的试验处理非耕作或秸秆单因素设计,为便于统计分析,只考虑其它因素(如施肥、灌溉、地膜等)处于同一水平下,避免了其它因素不同水平对结果的干扰。

保护性耕作对产量的影响有三种结果,增产、减产以及平产,凡是方差分析无显著性差异的均归为平产,即保护性耕作与传统耕作相比,对作物产量没有产生增或减的影响。

为便于保护性耕作的研究,不同学者对中国保护性耕作类型区进行了划分,高焕文等^[6]将中国保护性耕作体系划分为黄土高原一年一熟区、西北冷凉风沙区、东北高寒易旱区和华北一年一熟区4个类型区。高旺盛^[7]将中国保护性耕作体系划分为东北平原区、长城风沙沿线区、西北黄土高原区、华北平原区、南方平原双季稻区、南方丘陵区6个类型区。依据土地类型、自然生态、种植制度进行区域划分无疑是客观和科学的,但上述划分对文献统计造成了障碍,本研究沿袭谢瑞芝等^[5]依据中国生态条件、农业生产模式和保护性耕作研究特点以及行政区划,将保护性耕作研

究的区域划分为以下5个:

区域I,包括黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古,主要种植模式是以玉米、大豆为主的一年一熟制。

区域II,包括山东、河南、河北、北京、天津,主要种植模式是小麦-玉米一年两熟制。

区域III,包括江苏、江西、上海、安徽、浙江、湖南、湖北、福建、广东、广西、上海,以水稻种植为主,一年两(多)熟或两年多熟等多种模式共存。

区域IV,包括四川、重庆、云南、贵州,生态条件特色明显,种植模式多种多样。

区域V,包括山西、陕西、宁夏、甘肃、青海、新疆、西藏,因生态条件限制,种植模式以一年一熟为主。

2 结果与分析

2.1 保护性耕作产量数据分布

2.1.1 区域产量效应

在全部产量研究的结果中,增产、平产、减产的研究结果所占比例分别为60.96%、24.32%和14.72%,区域I、II、III、IV、V的研究论文占筛选出的全部研究论文比例分别为15.62%、21.32%、29.73%、9.01%和24.32%。区域III的保护性耕作文献最多,这不仅与该区所包含的行政区域多有关,也与该区种植模式多样有关,尤其是三大粮食作物水稻、小麦、玉米在该区都有较大规模种植,保护性耕作研究对象也主要集中在这三种作物上。

分析区域间产量效应发现,增产占比最多的是区域V,占全部产量结果的17.42%;平产、减产占比最多的均为区域III,分别占全部产量结果的9.01%和5.11%。分析各区域内部产量效应发现,增产占比最多的是区域I,占该区产量结果的76.95%,即在区域I采取保护性耕作措施大多情况下可以使作物产量增加;增产占比最少的是区域II,占该区产量结果的45.08%,即在区域II采取保护性耕作措施很大程度上不能使作物产量提高,应结合当地实际情况研究适宜的保护性耕作措施。

2.1.2 作物分布

在筛选的试验论文中,研究对象集中在小麦、玉米和水稻三种作物,占全部研究对象的78.11%。小麦、玉米、水稻分别占比25.68%、32.97%和19.46%,其它作物占比21.89%(图1)。从三大作物的产量研究结果来看,实施保护性耕

作后,小麦增产、平产、减产的比重分别为50.00%、30.91%和19.09%;玉米增产、平产、减产的比重分别为68.38%、19.66%和11.96%;水稻增产、平产、减产的比重分别为57.33%、25.33%和17.34%。这说明保护性耕作措施大部分情况下对玉米的生长发育有利,小麦、水稻期望增产的结果在50%左右。

在三大粮食作物以外,也开展了其他经济作物、蔬菜、果树等的保护性耕作研究,且多是与上述三种作物的研究同时进行,或与小麦轮作^[8]、或与玉米轮作^[9]、或与水稻轮作^[10],也有单一作物产量研究的文献,如油菜^[11]、棉花^[12]、大豆^[13]、油葵^[14]、烤烟^[15]、谷子^[16]等,在生态环境日益受到重视的情况下,保护性耕作的研究和实施将覆盖越来越多的作物。

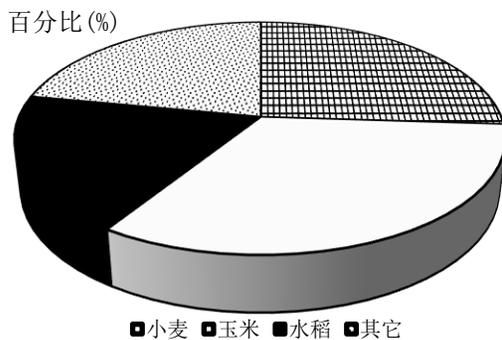


图1 作物产量数据分布

2.1.3 区域保护性耕作措施分布

在保护性耕作试验设计中,秸秆处理为主要研究对象,占全部产量结果的61.86%,少免耕和综合措施的研究数量大致相当,分别占17.72%和20.42%。在禁止秸秆田间焚烧且秸秆综合利用模式推广应用有限的情况下,秸秆处理还田仍将作为保护性耕作的重要措施进行研究和应用。在各区试验设计中,秸秆处理均占该区产量结果的50%以上,占比最多的是区域Ⅲ,达到该区产量结果的70.71%。

秸秆处理方式多种多样,有关秸秆处理的研究中,有不同秸秆还田量对产量影响的研究^[17],有秸秆还田配合施肥对产量影响的研究^[18],有对秸秆进行处理后再还田对产量影响的研究^[19],有秸秆配合腐熟剂对产量影响的研究^[20]。

2.2 增产数据分布

本研究筛选的333篇论文中,203篇有明显的增产效应,占论文60.96%,这与谢瑞芝等^[21]统计得出的保护性耕作大部分是增产或平产报告的研究

结果一致。以秸秆处理为试验设计的研究论文最多,秸秆处理增产的比例也最多,平均占比68.48%,区域Ⅲ则高达82.70%。少免耕提高作物产量的比例最低,平均占比8.87%。少免耕的增产优势主要体现在降雨量少的年份^[22]。综合措施增产占比22.65%,区域Ⅴ综合措施增产占该区34.48%,该区种植模式以一年一熟为主,在高焕文的保护性耕作体系划分中,该区技术措施也是以秸秆覆盖、免耕播种为重点^[6]。综合措施增产的优势主要体现在随保护性耕作实施年份增加而呈现出来^[23]。

2.3 平产数据分布

本研究筛选的333篇论文中,81篇论文试验结果显示保护性耕作与传统耕作相比对作物产量无明显影响。秸秆处理平产比例最多,平均占比66.67%。在区域分布上,I区未筛选出综合措施平产试验研究结果,在该区采取综合措施对作物生长一般会产生明显的影响,或显著增产,或者显著减产,增产减产比例在统计的文献中为4:1,可以在该区重点实施综合措施。Ⅳ区未筛选出秸秆处理平产试验研究结果,该区研究秸秆处理的文献也最少,在筛选出的15篇文献中,仅一篇提供了减产的结果,其余14篇文献均为增产结果,可以在该区重点实施以秸秆处理还田为主的保护性耕作措施。

2.4 减产数据分布

本研究筛选的333篇论文中,49篇有明显的减产效应,占论文14.71%。在增产和平产的保护性耕作措施中,秸秆处理均明显多于少免耕与综合措施,而在导致减产的试验研究中,秸秆处理仅占26.53%,少免耕是引起减产的最主要保护性耕作措施,占比46.94%。

秸秆还田导致减产的原因是丰水年份秸秆覆盖的保水作用不明显,且会导致低温效应影响作物发育^[24]。也有研究认为适宜秸秆还田量可以增产,100%秸秆还田量则显著减产^[25],原因是100%秸秆覆盖后地温偏低,出苗偏晚,生育期延迟。另外,在不施氮肥情况下,秸秆还田显著减产的原因是单位面积穗数减少^[26]。

免耕减产的原因一般是免耕造成有效穗数减少,土壤容重增加,限制了根系伸展^[27],在水分条件和肥力不是制约作物产量的关键因素条件下,免耕引起的小麦贪青晚熟是减产的原因。

3 结论与讨论

保护性耕作是否一定可以提高作物产量?通过大量文献统计结果来看,答案是否定的。保护性耕作减产的研究不是个案,在中国各类型区均有减产的研究报道,且涵盖了少免耕、秸秆处理、综合措施各种保护性耕作技术。研究结果来自前人文献中的试验数据,文献收集受客观条件影响,难免出现漏选,但基本反映了中国保护性耕作研究的区域特点和总体概况。

通过对筛选的研究论文进行分析认为,在全部产量研究结果中,增产、平产、减产的研究结果所占比例分别为60.96%、24.32%和14.72%,说明保护性耕作措施在多数情况下对作物生长发育是有利的。当前保护性耕作的研究对象集中在小麦、玉米和水稻三种作物,占研究对象总量的78.11%,小麦、玉米、水稻分别占比25.68%、32.97%和19.46%。从三大作物的产量研究结果来看,保护性耕作措施大部分情况下可以提高玉米的产量,而小麦、水稻在保护性耕作措施下增产比重在50%左右。

在统计的保护性耕作文献中,关于秸秆还田的研究占相当大的比例,在秸秆作为燃料和饲料的功能基本丧失且没有更好的综合利用技术的情况下^[28],尽管秸秆还田也有减产的试验结果,但秸秆还田是现代农业的必然选择^[29]。对秸秆还田的研究应将重点关注在解决其不利影响上,如秸秆还田后对播种质量的影响^[30]、专业适用的机械化秸秆还田机具^[31]、带有害虫卵和病原菌的秸秆还田后带入土壤对下茬作物的危害^[32]、秸秆腐熟剂研发及影响秸秆腐熟效果因素研究^[33]以及秸秆还田后杂草处理问题^[34]。

单纯少免耕增产的研究相对较少,多数少免耕增产的报道是结合秸秆覆盖进行的^[35],并且长期免耕会对耕层土壤理化性状产生不良影响,不利于作物生长发育^[36],而在长期免耕后进行土壤耕作有利于改善土壤物理性状,提高作物产量^[37],对耕作方式的研究应将重点关注在轮耕时间、方式以及少免耕与秸秆覆盖综合措施上。

参考文献:

- [1] 高焕文,李洪文,李问盈.保护性耕作的发展[J].农业机械学报,2008,9(9):43-48.
- [2] 高焕文.保护性耕作概念、机理与关键技术[J].四川农机,2005(4):22-23.
- [3] 刘春光,于雷,卢景忠.浅析保护性耕作对土壤物理、化学和生物肥力的影响[J].吉林农业科学,2013,38(6):48-51.
- [4] 胡立峰,李洪文,高焕文.保护性耕作对温室效应的影响[J].农业工程学报,2009,25(5):308-312.
- [5] 谢瑞芝,李少昆,金亚征,等.中国保护性耕作试验研究的产量效应分析[J].中国农业科学,2008,41(2):397-404.
- [6] 高焕文,李问盈,李洪文.中国特色保护性耕作技术[J].农业工程学报,2003,19(3):1-4.
- [7] 高旺盛.论保护性耕作技术的基本原理与发展趋势[J].中国农业科学,2007,40(12):2702-2708.
- [8] 彭正凯,李玲玲,谢军红,等.保护性耕作对陇中旱作农田水分特征的影响[J].应用生态学报,2018,29(12):4022-4028.
- [9] 盖志佳,吴佳彧,张敬涛,等.大豆玉米持续轮作免耕对土壤养分及作物产量的影响[J].中国农学通报,2019,35(5):1-7.
- [10] 刘禹池,曾祥忠,冯文强,等.稻-油轮作下长期秸秆还田与施肥对作物产量和土壤理化性状的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(6):1450-1459.
- [11] 李全宇.保护性耕作对青海高寒山区春油菜产量及土壤容重的影响[J].中国农机化学报,2014,35(1):67-71.
- [12] 秦都林,王双磊,刘艳慧,等.滨海盐碱地棉花秸秆还田对土壤理化性质及棉花产量的影响[J].作物学报,2017,43(7):1030-1042.
- [13] 王囡囡,朱凤莉,张春峰,等.不同秸秆还田方式对白浆土土壤养分及大豆产量的影响[J].中国土壤与肥料,2016(1):94-97.
- [14] 蒋桂英,刘建国,张全枝,等.滴灌免耕对小麦茬后复播油菜土壤物理特性及产量影响[J].灌溉排水学报,2013,32(5):59-62.
- [15] 董杏梅,胡志明,闫柱怀,等.揭膜方式与秸秆覆盖对旱植烤烟生长及其产质量的影响[J].安徽农业科学,2013,41(22):9211-9212,9237.
- [16] 郝红波,崔海英,李明哲,等.免耕对谷子生长发育及产量的影响[J].作物杂志,2013(5):104-108.
- [17] 闫宗正,陈素英,张喜英.秸秆覆盖时间和覆盖量对冬小麦田温度效应及地上地下生长的影响[J].中国生态农业学报,2017,25(12):1779-1791.
- [18] 王志勇,白由路,杨俐苹,等.低土壤肥力下施钾和秸秆还田对作物产量及土壤钾素平衡的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(4):900-906.
- [19] 李秀,韩佳乐,吴文雪,等.秸秆还田方式对关中盆地土壤微生物量碳氮和冬小麦产量的影响[J].水土保持学报,2018,32(4):170-176.
- [20] 陈士更,宋以玲,于建,等.玉米秸秆还田及腐熟剂对小麦产量、土壤微生物数量和酶活性的影响[J].山东科学,2018,31(2):25-31.
- [21] 谢瑞芝,李少昆,李小君,等.中国保护性耕作研究分析—保护性耕作与作物生产[J].中国农业科学,2007,40(9):1914-1924.
- [22] 丁晋利,魏红义,杨永辉,等.保护性耕作对农田土壤水分和冬小麦产量的影响[J].应用生态学报,2018,29(8):2501-2508.
- [23] 辛未冬,李红娟,贾绍辉.晋西南保护性耕作对土壤水分和冬小麦产量的影响[J].山西师范大学学报(自然科学版),

- 2018, 32(2): 61-65.
- [24] 涂纯, 王俊, 官情, 等. 秸秆覆盖对旱作冬小麦农田土壤呼吸、作物产量及经济-环境效益的影响[J]. 中国生态农业学报, 2013, 21(8): 931-937.
- [25] 蔡丽君, 张敬涛, 刘婧琦, 等. 玉米-大豆免耕轮作体系玉米秸秆还田量对土壤养分和大豆产量的影响[J]. 作物杂志, 2015(5): 107-110.
- [26] 徐国伟, 谈桂露, 王志琴, 等. 秸秆还田与实地氮肥管理对直播水稻产量、品质及氮肥利用的影响[J]. 中国农业科学, 2009, 42(8): 2736-2746.
- [27] 蒋方山, 张海军, 陈昱利, 等. 秸秆还田条件下耕作方式对冬小麦生长发育和产量的影响[J]. 作物杂志, 2014(3): 113-117.
- [28] 胡立峰, 裴宝琦, 翟学军. 论秸秆功能演化及秸秆腐解剂效应[J]. 中国农学通报, 2009, 25(19): 134-138.
- [29] 梁卫, 袁静超, 张洪喜, 等. 东北地区玉米秸秆还田培肥机理及相关技术研究进展[J]. 东北农业科学, 2016, 41(2): 44-49.
- [30] 李少昆, 王克如, 冯聚凯, 等. 玉米秸秆还田与不同耕作方式下影响小麦出苗的因素[J]. 作物学报, 2006, 32(3): 463-465.
- [31] 王庆杰, 刘正道, 何进, 等. 砍切式玉米秸秆还田机的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2018, 34(2): 10-17.
- [32] 佟丽华, 王月英, 刘桂华, 等. 玉米秸秆与根茬粉碎还田存在的问题及对策[J]. 华北农学报, 2005, 20(S1): 199-201.
- [33] 韩梦颖, 王雨桐, 高丽, 等. 降解秸秆微生物及秸秆腐熟剂的研究进展[J]. 南方农业学报, 2017, 48(6): 1024-1030.
- [34] 李瑞平, 罗洋, 谢瑞芝, 等. 秸秆覆盖免耕条件下玉米和大豆田机械与化学除草效果比较分析[J]. 东北农业科学, 2019, 44(2): 1-6.
- [35] 张海林, 陈阜, 秦耀东, 等. 覆盖免耕夏玉米耗水特性的研究[J]. 农业工程学报, 2002, 18(2): 36-40.
- [36] 李素娟, 陈继康, 陈阜, 等. 华北平原免耕冬小麦生长发育特征研究[J]. 作物学报, 2008, 34(2): 290-296.
- [37] 孔凡磊, 陈阜, 张海林, 等. 轮耕对土壤物理性状和冬小麦产量的影响[J]. 农业工程学报, 2010, 26(8): 150-155.

(责任编辑: 刘洪霞)

品种推广中, 根据需求目标将相近性(下转第44页)(上接第12页)状作TOPSIS分析, 再结合全部性状的分析结果进行科学评价, 为绿豆品种综合评价开辟一条新途径, 为品种筛选确定合适的推广品种提供理论依据。吉林省主产区需求优质、高产绿豆品种, 可重点考虑品质和产量性状的TOPSIS分析结果, 结合各品种的田间实际产量, 将JL2012-1、白绿8号、吉绿10号和JL200906 4个品种作为重点推荐品种予以推广种植, 也可以根据经济性状或品质性状的评估结果发掘特异资源用于新品种选育。

本研究中, 对13个绿豆品种的19个性状进行分析, 在评价品种时, 运用数学方法对绿豆作物的数量性状进行分析, 以某几个性状的好与差、高与低来综合评价参试品种的方法是行之有效的, 可以更加全面、客观地对参试品种进行评价, 比常用产量的高低来判断绿豆品种优劣具有可靠性高、误差小、受主观因素影响小等特点, 对绿豆品种使用具有指导作用。但此法是评价目标品种与理想解和负理想解之间的距离排序, 无法取舍排到哪一个品种之后的品种被淘汰, 也不能求得各性状对产量、品质的贡献大小, 在品种选育应用上忽略了性状的相关性分析, 应该结合主要性状的相关性分析、种质资源的聚类分析一并对品种作出综合评价, 才能做到更加客观、科学、准确

指导科研育种及生产工作^[9-12]。

参考文献:

- [1] 林汝法, 柴岩, 廖琴, 等. 中国小杂粮[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2002: 204-206.
- [2] 田茜, 张文兰, 李群, 等. 绿豆的品质特性及综合利用研究进展[J]. 中国农学通报, 2016, 32(9): 77-82.
- [3] 王明海, 徐宁, 包淑英, 等. 绿豆的营养成分及药用价值[J]. 现代农业科技, 2012(6): 341-342.
- [4] 郝曦煜, 梁杰, 郭文云, 等. 白城市特色食用豆产业发展优势分析[J]. 东北农业科学, 2019, 44(1): 87-90.
- [5] 李英, 赵宇, 于英梅, 等. 松原地区绿豆生产现状及发展对策[J]. 现代农业科技, 2018(21): 43-44.
- [6] 刘慧. 我国绿豆生产现状和发展前景[J]. 农业展望, 2012(6): 36-39.
- [7] 周俊玲, 张蕙杰. 中国绿豆国际贸易发展的分析与展望[J]. 农业展望, 2014(5): 63-67.
- [8] 黄欣欣, 欧萍, 薛小凌. TOPSIS法综合评价福建省群体儿童保健工作质量[J]. 中国预防医学杂志, 2019, 20(8): 657-661.
- [9] 朱慧珺, 赵雪英, 闫虎斌, 等. 绿豆品种联合鉴定试验与评价[J]. 山西农业科学, 2017, 45(9): 1445-1448.
- [10] 高运青, 徐东旭, 尚启兵, 等. 不同来源绿豆种质资源鉴定与评价[J]. 种子, 2019, 38(3): 53-56.
- [11] 徐宁, 曲祥春, 王明海, 等. 绿豆分枝角度遗传研究[J]. 东北农业科学, 2018, 43(5): 1-5.
- [12] 徐宁, 王明海, 包淑英, 等. 直立型绿豆种质资源搜集、评价与种质创新[J]. 东北农业科学, 2016, 41(6): 50-55.

(责任编辑: 刘洪霞)