

青贮玉米农艺节水技术的研究进展

杨锦越, 赵晓燕, 沈建华, 任洪*, 王伟, 王竹 (贵州省农业科学院旱粮研究所, 贵州贵阳 550006)

摘要 青贮玉米是畜牧业发展重要的饲料来源之一, 合理利用农艺节水技术是保证青贮玉米产量和品质不受影响, 提高水分利用效率, 减少水资源浪费的重要措施。分别从耐旱品种选育、耕作保墒、覆盖保墒、水肥耦合、作物布局以及化学调控方面综述了青贮玉米农艺节水技术的研究进展, 提出了农艺节水技术存在的问题, 展望了未来的研究重点, 为进一步加强青贮玉米农艺节水技术推广与应用提供理论参考。

关键词 青贮玉米; 农艺节水; 水分利用效率

中图分类号 S274 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)19-0004-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.19.002



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Research Progress on Agronomic Water-saving Technology of Silage Corn

YANG Jin-yue, ZHAO Xiao-yan, SHEN Jian-hua et al (Institute of Upland Food Crops, Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang, Guizhou 550006)

Abstract Silage corn is one of the important feed sources for the development of animal husbandry. The rational use of agronomic water-saving technology is an important measure to ensure that the yield and quality of silage corn are not affected, improve water use efficiency, and reduce water waste. This article summarizes the research progress of silage maize agronomic water-saving cultivation technology from the aspects of drought-tolerant variety breeding, tillage preservation, mulch preservation, water and fertilizer coupling, crop layout and chemical regulation, puts forward the existing problems of agronomic water-saving technology, looks forward to the future research focus, in order to provide theoretical reference for further strengthening the extension and application of silage maize agronomic water-saving cultivation.

Key words Silage corn; Agronomic water saving; Water use efficiency

青贮玉米具有营养丰富, 适口性好, 消化率较高, 耐贮藏等优点^[1], 作为优质畜牧业发展的必要饲料来源之一, 青贮玉米的需求量日益增大, 但在实际生产中, 我国青贮玉米的种植区域主要分布于干旱或半干旱地区^[2], 且有灌溉条件的农田较少, 为了解决青贮玉米生产与干旱之间的矛盾, 克服地表水源不足和地下水资源缺乏的现状, 提高青贮玉米经济效益、生态效益和社会效益, 研究青贮玉米农艺节水栽培技术显得尤为重要, 笔者分别从耐旱品种选育、耕作保墒、覆盖保墒、水肥耦合、作物布局以及化学调控方面综述了青贮玉米农艺节水栽培技术的研究进展, 以期青贮玉米农艺节水技术的研究与推广应用提供参考依据。

1 农艺节水的概念

农艺节水是节水农业的重要组成部分, 主要包括耕作保墒、覆盖保墒、秸秆还田增肥保水、水肥耦合、调整作物布局、选用抗旱型品种和化学调控等技术措施, 根据种植区域的气候条件、地形地貌、经济条件等因素, 选择适宜的品种及配套的耕作和种植方式, 采用合理的施肥、灌溉、覆盖、化学调控等技术措施, 抑制土壤水分蒸发和和作物奢侈蒸腾, 使节水条件下作物产量最大化, 最大限度提高农田水分利用效率, 最终达到节水、高产、高效的目的^[3-6]。由于农艺节水是科技工作者与广大农民长时间在传统耕作技术基础上不断改进、提高、总结形成的新技术, 因此具有投资少、见效快、易推广、易实施、易掌握等特点, 更加容易使农户接受, 具有大范围、大面积推广应用的基础。在实际生产中, 为使农艺节水大范

围发挥实效, 体现节水的实质, 需要根据作物生长发育过程, 合理选择技术类型, 保证农艺节水技术与农作物生长之间的吻合性, 从而增加作物收成, 提高水分的利用效率^[7-8]。

2 青贮玉米农艺节水技术的研究进展

2.1 耐旱品种选育

干旱是制约我国青贮玉米产业发展的第一非生物胁迫因素, 耐旱品种的选育是玉米生物防控, 实现抗逆丰产的基础^[9]。在降水量少、易出现干旱的地区, 选用抗旱性能、丰产性能好的青贮玉米品种是提高水分利用效率、促进其增产增收的有效措施。关于耐旱品种的选育, 主要集中在玉米耐旱分子育种和耐旱品种或自交系筛选与评价两个方面。其中, 在玉米耐旱分子育种方面, 国内外一些学者通过利用分子标记辅助选择、基因编辑技术、转基因等技术已经进行了大量研究, 柳思思^[10]利用关联分析方法发掘与耐旱密切相关的优异等位基因变异, 结果发现编号为 PZA0355.1 和 PZA01671.1 的 SNP 与多个耐旱性状表型相关比较密切, 基于这两个功能 SNP 变异位点可分别开发 CAPS 标记 dhnC397 和 rspC1090, 用于分析和验证不同种质材料的耐旱性, 有利于耐旱性品种的选育; Shi 等^[11]利用 CRISPR-Cas 的先进育种技术来生成 ARGOS8 的新变体, ARGOS8 基因转录物水平升高, 使得干旱胁迫对玉米产量的影响减弱, 提高了玉米耐旱性。在玉米耐旱品种或自交系筛选及评价研究方面, 主要从耐旱性与形态特征、耐旱性与生理生化特征、耐旱性与品质特征等方面进行探索, 利用灰色关联度、模糊隶属函数等数学统计分析方法, 计算出抗旱指数, 对品种或自交系的综合耐旱性进行评价, 筛选出耐旱品种或自交系, 并提出评价青贮玉米材料耐旱性的关键指标^[12-14], 何文铸等^[15]研究发现, 在众多农艺及生理性状指标中, 要获得丘陵旱区耐旱性好的青贮玉米, 可根据根冠比、叶面积、叶绿素

基金项目 国家玉米产业技术体系(CARS-02-82)。

作者简介 杨锦越(1989—), 男, 贵州毕节人, 研究实习员, 硕士, 从事作物高产理论与技术研究。*通信作者, 研究员, 从事玉米遗传育种研究。

收稿日期 2021-12-08

含量、光合速率这 4 个关键指标来进行辅助选择,其可靠程度达到极显著水平;贾钰莹等^[16]利用五级评分法对 21 份辽宁省主推及新审定玉米品种耐旱性进行评价,得出迪卡 516 和辽单 588 品种耐旱性极强,株高、穗位、叶绿素含量、叶面积、根系干重、气生根层数、气生根数等 7 个指标可作为耐旱鉴定指标。可见,不同的分析方法得出耐旱鉴定指标尚无统一认识,但都是通过综合分析干旱胁迫下植株各性状指标的变化,因此得出的结果都可以作为选用或选育耐旱品种的依据。

2.2 青贮玉米耕作保墒技术 耕作保墒技术是通过耕、耙、耱、压等一整套有效的土壤耕作措施,改善土壤耕层结构,更好地纳雨蓄水,将土壤水、地下水、大气降水进行合理调控,尽量减少土壤蒸发和其他非生产性水分消耗,为作物生长发育和高产稳产创造一个水、肥、气、热相协调的土壤环境,农艺措施包括深耕深松保墒、耙耱保墒、重镇压提墒、少耕免耕保墒、中耕保墒等^[17-19];其中,深耕深松保墒是使用深松机械将犁底层耕松,利于作物根系生长,提高水分利用率;耙耱保墒是使土块碎散,土面平整,耕作层上虚下实,利于提高土壤蓄水能力,减少地面径流,促进作物出苗生长;重镇压提墒是土壤墒情不足时采取的一种抗旱保墒措施,促进种子与土壤密切接触充分吸收水分,提高发芽率;中耕保墒是在作物生育期内进行的土壤耕作,可减少土壤水分蒸发;少耕免耕保墒是不翻动土层,减少了水分蒸发和水土流失,提高了土壤蓄水和保墒能力^[20-23]。在实际生产中,中耕保墒技术使用较多,可以有效去除杂草,疏松土壤,减少与青贮玉米发生争光、生长空间、养分和水分的现象,增加土壤的通透性,促进土壤中微生物的生长,提高土壤肥力,是一种高效节水技术^[24-25];目前,青贮玉米种植多数以人工中耕除草保墒或使用化学除草剂为主,今后应在机械化中耕除草保墒、机器人中耕除草保墒等方面加强技术研究。

2.3 青贮玉米覆盖保墒技术 在青贮玉米生产中,覆盖保墒是一项比较常用的技术,主要以地膜覆盖为主,可减少土壤水分蒸发和地表径流,增温保墒,提高水资源利用率的效率,增产效果明显,普遍性较强^[26];针对普通地膜和生物降解膜都有相关研究,内蒙古锡林浩特市牧区使用地覆膜覆盖对提高地温和土壤水分效果最优,比较适用于水资源相对紧缺的北方寒冷地区,可以显著提高鲜食玉米产量、株高和茎粗^[27];河北省沧州市生态区覆膜宽窄行较露地栽培有效提高青贮玉米的抗倒伏性、株高、茎粗等农艺性状,增产 17.69%~20.27%^[28]。半干旱黄土高原区使用生物可降解地膜垄沟集雨沟覆盖可显著提高水分利用效率,增产效果明显^[29]。综合前人研究得出,青贮玉米覆盖保墒技术节水增产效果显著,但在青贮玉米实际生产中,以普通地膜为主,生物可降解地膜使用较少,因此,为了使生物降解地膜得到大面积推广与利用,需加强对低成本、环境友好型生物降解地膜的研究;另外,青贮玉米收获后,可进一步开展青贮玉米一膜两季节水增效技术的研究,大幅度提高资源利用率。

2.4 青贮玉米水肥耦合技术 水肥耦合是利用水分和肥料之间的协同效应、拮抗效应和叠加效应,水分和施肥在时间、

数量和方式上合理配合,达到以水促肥,以肥调水,提高水分和肥料利用率,增加作物产量和改善品质的目的^[30]。如何控制好灌水量和施肥量,作物产量和水分利用率才达到最大化,是近年来国内外专家研究的热点。王军等^[31]研究表明,当灌溉水平为 1 531.66 m³/hm²、施肥水平为 119.94 kg/hm² 时,青贮玉米产量达到最大;刘虎等^[32]通过建立二元回归方程得出,灌溉量为 4 200 m³/hm²、施肥量 195 kg/hm² 时,产量达到最高;王宁^[33]研究得出,沟灌方式施肥量为 600 kg/hm² 为最佳试验组合,该组合产量和水分利用效率较高;单宁等^[34]研究得出,灌溉定额为 2 520 m³/hm²、追肥量为 594 kg/hm² (纯 N 为 273.24 kg/hm²),可促进作物进行光合作用,持续供给作物生长必要的养分,保持土壤水分,有利于青贮玉米鲜生物产量。综上可知,产量和水分利用率达到最优条件下,不同生态地区最佳灌水量和对应施肥量有差异,在研究其水肥耦合规律时,应结合所在区域的气候条件开展综合性研究,不仅要考虑充分利用水肥资源,还需考虑青贮玉米产量和品质达到最优。

2.5 青贮玉米种植布局 作物布局是指农作物在一定的地区内及不同地区间的地域分布,也包括一个生产单位(如农场)种植作物的种类、面积与田块配置^[35]。在水利条件差的缺水旱作区域,通过调整和改善农作物的整体布局,可以提高水资源利用效率^[36-37]。随着我国畜牧养殖业的不断发展,合理作物布局是青贮玉米高产高效生产的重要措施,研究认为,黄淮海广大平原区双季青贮地膜玉米-玉米模式优于传统模式冬小麦-夏玉米,可以提高干物质生产率、总辐射利用效率、热量资源生产效率提高、水分生产效率^[38]。沈阳地区马铃薯复种青贮玉米模式的第 2 季青贮玉米的光、热、水资源分配率明显优于覆膜鲜食玉米复种青贮玉米,最终的资源生产效率也明显提高^[39]。气候变化背景下,冀西北地区青贮玉米种植区从北到东南总体呈现“最适宜区-适宜区-次适宜区-不适宜区”的分布格局,建议最适宜种植中早熟品种,适宜区种植中晚熟品种,次适宜区和不适宜区的种植模式进行调整并减少种植面积^[40]。可见,合理的作物布局可充分发挥各地区自然资源和经济条件的优势,提高农作物的产量和质量,取得较好的经济效益、生态效益和社会效益;另外,由于气候变化影响作物布局,因此,气候变化背景下不同生态区青贮玉米适宜的作物布局是今后重要的研究方向。

2.6 青贮玉米化学调控技术 化学调控节水技术是利用化学调节剂调控作物吸收水分和土壤水分蒸发,提高作物水分利用效率的有效措施^[41]。在节水方面,化学调控技术主要通过利用保水剂来实现,当土壤中使用保水剂时,可提高土壤保水性能,减少土壤水分蒸发和流失^[42];有关化学调控技术在青贮玉米生产中的应用研究相对较少,主要集中在增强植株抗倒伏能力和产量方面^[43],针对青贮玉米使用保水剂的研究报道很少,但初步研究得出,在保证水肥充足的条件下,施用农用保水剂能提高青贮玉米的产量,增加其产值^[44]。由于不同类型的保水剂在经济适用、保水能力、生态环保等方面有差异^[45],应针对不同气候类型和土壤条件,更

深入的开展保水剂对青贮玉米产量和品质的研究,并对生态效益、经济效益和社会效益做出合理的评价。

3 展望

我国是一个水资源匮乏的国家,与西方国家相比,我国的灌区水资源利用率处于较低水平,一般为30%~40%,而西方国家能达到70%~80%,说明部分灌区易形成水资源浪费的负面状况^[46-47],另外,我国许多地区因地形地貌、经济条件等因素的限制,缺乏工程设施节水的安装条件,因此,在农业生产中很有必要继续加强农艺节水技术的研究与利用。国内外许多实践经验表明^[48-51],农艺节水技术既可降低农业用水的投入成本,又能保证作物稳产增收,在缺乏灌溉条件的青贮玉米生产区域研究与推广农艺节水技术,对青贮玉米高产、优质、节本、高效生产具有重要的意义。尽管农艺节水技术在青贮玉米生产中已被广泛应用,但在应用推广过程中仍存在问题:一是农户节水意识仍然淡薄,在许多农村地区,没有意识农业节水的重要性,依旧是“靠天吃饭”;二是缺乏机械化与农艺节水技术的融合,农艺节水技术的实施还是较为传统;三是多数地区没有根据当地的自然资源条件和经济水平来选择适宜的农艺节水技术;四是农艺节水技术理论体系还不够成熟,与实践过程中出现的预期结果存在较大差距。

针对以上提出的问题,建议今后拟重点研究以下几个方面。

(1) 气候变化背景下农艺节水技术对复杂多变生态环境的适应性研究。为提高青贮玉米对气候变化的适应能力,需加强农艺节水技术生态适应性研究,各地区因地制宜选择农艺节水技术,从而利于青贮玉米生产区域适应气候变化,提高农业防灾减灾能力。

(2) 农机与农艺节水综合配套技术体系研究。目前,青贮玉米农艺节水技术多数以人工操作为主,比较费时费工费力,研究节水效果好、操作简单、成本较低、便于农民采用的农机农艺节水技术是今后研究热点。

(3) 完善农艺节水技术理论体系,提升整体效益。农艺节水技术领域在研究过程中,虽然取得了一定的研究成果,但在实际推广应用,各单项技术之间缺乏有效的连接与集成,没有完全形成一套完整的技术理论体系,导致整体效益没有得到充分发挥,因此,在今后研究过程中,应加强农艺节水技术集成体系和应用模式方面的研究。

参考文献

[1] 韩战强,宋艳画,王志方.影响青贮玉米品质因素的研究进展[J].饲料研究,2020,43(1):106-109.

[2] 丁光省.我国青贮玉米发展现状及发展方向[J].中国乳业,2018(4):2-8.

[3] 钟新才,李寿山,冯耀祖,等.农艺节水是干旱区水资源高效利用的重要途径[J].新疆农业科学,2005,42(5):342-344.

[4] 高传昌,王兴,汪顺生,等.我国农艺节水技术研究进展及发展趋势[J].南水北调与水利科技,2013,11(1):146-150.

[5] 苑智华.马铃薯农艺节水技术的研究进展[J].灌溉排水学报,2015,34(S1):262-265.

[6] 林建新,陈山虎,卢和顶,等.福建沿海丘陵山地果园节水技术的发展现状与展望[J].中国农学通报,2005,21(7):397-399.

[7] 冯平利.农艺节水技术在农艺发展中的应用分析[J].现代农业研究,2019(1):30-31.

[8] 毛社震.我国农艺节水技术研究进展及发展趋势[J].农技服务,2017,

34(21):165.

[9] 宋晋辉,瓮巧云,吕爱枝,等.拔节期干旱胁迫对青贮玉米生育与品质的影响[J].中国农业科技导报,2020,22(6):161-167.

[10] 柳思思.玉米耐旱功能标记开发及优异单倍型应用[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2012.

[11] SHI J R,GAO H R,WANG H Y, et al. ARGOS8 variants generated by CRISPR-Cas9 improve maize grain yield under field drought stress conditions[J]. Plant biotechnology journal,2017,15(2):207-216.

[12] 张卫星,赵致,柏光晓,等.不同基因型玉米自交系的抗旱性研究与评价[J].玉米科学,2007,15(5):6-11.

[13] 覃永媛,时成俏,王兵伟,等.48份玉米种质的耐旱性鉴定与评价[J].南方农业学报,2014,45(11):1926-1934.

[14] 张雪婷,王新永,杨文雄,等.河西绿洲灌区节水抗旱型玉米品种的评价方法探讨[J].草业学报,2020,29(2):134-148.

[15] 何文铸,蒋馨,刘永红,等.青贮玉米耐旱关键指标的筛选及其遗传研究[J].西南农业学报,2007,20(5):921-925.

[16] 贾钰莹,刘欣芳,刘晓丽,等.辽宁省玉米品种耐旱性评价及耐旱指标鉴定[J].种子,2020,39(8):131-136.

[17] 贾洪雷,马成林,刘昭辰,等.东北垄作蓄水保墒耕作体系与配套机具[J].农业机械学报,2005,36(7):32-36.

[18] 韩思明,史俊通,杨春峰,等.渭北旱塬夏闲地聚水保墒耕作技术的研究[J].干旱地区农业研究,1993,11(S2):46-51.

[19] 贾洪雷.东北垄作蓄水保墒耕作技术及其配套的联合少耕机具研究[D].长春:吉林大学,2005.

[20] 马根众,吴英霞.土壤机械化深松技术[J].山东农机化,2012(4):37.

[21] 张艾英,郭二虎,张莉,等.春季不同时期耙耧对谷田土壤水分的影响[J].山西农业科学,2016,44(9):1276-1278.

[22] 王庆杰,李洪文,何进,等.垄作免耕技术对土壤水分和玉米产量的影响[J].农业工程学报,2012,28(S2):146-150.

[23] 肖继兵,孙占祥,杨久延,等.半干旱区中耕深松对土壤水分和作物产量的影响[J].土壤通报,2011,42(3):709-714.

[24] 黄国庆.青贮玉米的田间管理技术[J].现代畜牧科技,2021(9):70-71.

[25] 秦玉昆,丁晓颖.河北昌黎县青贮玉米田间管理技术[J].农业工程技术,2020,40(20):63.

[26] 贺艳萍,李新平,郭晋平.覆盖保墒技术的研究进展[J].山西林业科技,2008,37(1):37-39,42.

[27] 郑和祥,郭克贞,郝万龙.作物生长指标与土壤水分状况及地温关系研究[J].水土保持研究,2011,18(3):210-212,216.

[28] 鲁珊,阎旭东,肖荷霞,等.春播青贮玉米不同种植模式的增产效应[J].江苏农业科学,2020,48(11):172-175.

[29] 胡广荣,王琦,宋兴阳,等.沟覆盖材料对垄沟集雨种植土壤温度、作物产量和水分利用效率的影响[J].中国生态农业学报,2016,24(5):590-599.

[30] 徐优,王学华.水肥耦合及其对水稻生长与N素利用效率的影响研究进展[J].中国农学通报,2014,30(24):17-22.

[31] 王军,李和平,佟长福,等.水肥耦合对青贮玉米产量影响研究[J].节水灌溉,2011(7):17-19.

[32] 刘虎,尹春艳,张瑞强,等.新疆干旱荒漠地区膜下滴灌青贮玉米水肥耦合效应研究[J].节水灌溉,2018(3):14-18.

[33] 王宁.灌水方式和施肥量对青贮玉米生长和水氮利用效率的影响[D].保定:河北农业大学,2020.

[34] 单宁,田军仓,闫新房,等.水肥热耦合对滴灌青贮玉米生长、光合及产量的影响[J].节水灌溉,2021(9):12-17.

[35] 石霖.干旱对农业影响评估与应对干旱的作物布局调整对策[D].大连:辽宁师范大学,2011.

[36] 田鹏.黄土丘陵区典型流域水资源高效利用技术示范与推广[D].杨凌:西北农林科技大学,2007.

[37] HUANG J,RIDOUTT B G,SUN Z X, et al. Balancing food production within the planetary water boundary[J/OL]. Journal of cleaner production,2020,253[2021-05-25]. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119900.

[38] 杜桂娟,曹敏建,马凤江,等.沈阳地区3种新型复种模式物质生产及资源利用效率分析[J].干旱地区农业研究,2012,30(6):38-43,133.

[39] 王美云,任天志,赵明,等.双季青贮玉米模式物质生产及资源利用效率研究[J].作物学报,2007,33(8):1316-1323.

[40] 许瀚林,刘瑶,袁晓峰,等.气候变化对冀西北青贮玉米种植布局影响的预测[J].作物杂志,2020(1):124-129.

[41] 翟大帅.植物生长调节剂在玉米生产中的应用研究[J].山西农经,2019(3):121.

将其活性成分应用于医疗,都有很高的利用价值。随着研究的深入,提取方法不断改进,酶法因提取条件温和、提取率高而越来越受欢迎。酸枣各部位所含成分逐渐被发现,每种成分的药理作用也渐渐清晰,甚至明确了其作用机制,可以提取其有效成分应用于临床研究,减少酸枣资源的浪费,增加酸枣的利用率。随着科技的进步,越来越多的保健知识被人们了解,人类越发在意食物的营养价值及其保健功能,酸枣在医用和食品方面均有很好的开发应用前景,酸枣产业将会有更广阔的发展。

参考文献

- [1] 杨冲,李宪松,刘孟军. 酸枣的营养成分及开发利用研究进展[J]. 北方园艺,2017(5):184-188.
- [2] 韩鹏,李冀,胡晓阳,等. 酸枣仁的化学成分、药理作用及临床应用研究进展[J]. 中国中药报,2021,49(2):110-114.
- [3] 张颖,郭盛,朱邵晴,等. 不同生长期酸枣叶中多类型资源性化学成分的积累变化与分析评价[J]. 中国现代中药,2016,18(7):851-856,865.
- [4] 李小梅,叶群丽,韦婷. 野生酸枣化学成分含量的研究进展[J]. 中国中药报,2018,46(6):123-126.
- [5] 闫艳,付彩,杜晨晖. 酸枣叶的营养成分、保健功能及产品开发研究进展[J]. 食品工业科技,2018,39(20):330-336,342.
- [6] 张婷,张岩,王文彤,等. 酸枣仁中黄酮成分及其药理作用研究进展[J]. 天津药学,2018,30(1):69-74.
- [7] 李小梅,杨冬雪,李忠琴. 乙醇回流法提取野生酸枣黄酮工艺研究[J]. 山东化工,2020,49(2):48-50.
- [8] 陈巍,秦凤贤,姜云瑶,等. 纤维素酶法提取酸枣仁总黄酮工艺的研究[J]. 粮食与油脂,2018,31(8):87-91.
- [9] 祝凌丽,邵红艳. 酸枣皂苷 A 的药理学研究进展[J]. 安徽医药,2017,21(5):799-802.
- [10] 王建忠,陈小兵,叶利明. 酸枣仁化学成分研究[J]. 中草药,2009,40(10):1534-1536.
- [11] 张中英. 酶法提取酸枣仁皂苷研究[D]. 天津:天津商业大学,2008.
- [12] 胡彦周,丁轲,韩涛,等. 酸枣仁微量生物碱成分的筛查方法研究[J]. 天然产物研究与开发,2017,29(7):1165-1170.
- [13] 王向红,崔同,齐小菊,等. HPLC 法测定不同品种枣及酸枣中的齐墩果酸和熊果酸[J]. 食品科学,2002,23(6):137-138.
- [14] 于玲,董丽丽. 三种方法测定不同产区酸枣仁中 VC 含量的研究[J]. 甘肃科学学报,2015,27(5):66-69.
- [15] 朱广龙,韩蕾,陈婧,等. 酸枣生理生化特性对干旱胁迫的响应[J]. 中国野生植物资源,2013,32(1):33-37,44.
- [16] 张颖,郭盛,朱邵晴,等. 不同干燥方法对酸枣叶中核苷类、氨基酸类及黄酮类成分的影响[J]. 食品工业科技,2016,37(9):296-303.
- [17] 于雁灵,汪学昭,王运革. 酸枣根与酸枣仁中部分微量元素的比较研究[J]. 广东微量元素科学,1999,6(12):50-52.
- [18] 董顺福,韩丽琴,赵文秀,等. 火焰原子吸收分光光度法测定酸枣仁中金属元素的含量[J]. 安徽农业科学,2009,37(20):9328-9329.
- [19] 张璐. 酸枣果肉多糖的提取优化及抗氧化活性研究[J]. 中国酿造,2015,34(8):92-96.
- [20] 张严磊,冯亮,刘妍如,等. 碱解醇沉法从酸枣果肉中提取水溶性膳食纤维的工艺研究[J]. 北方园艺,2015(22):134-136.
- [21] 张婷,郭怀满,胡丹东,等. 滇枣仁与酸枣仁的药理作用研究进展对比[J]. 首都食品与医药,2016,23(10):23-24.
- [22] 马进杰,刘萍,马百平. 酸枣仁化学成分及其镇静催眠作用研究进展[J]. 国际药学研究杂志,2011,38(3):206-211.
- [23] WANG X X, MA G J, XIE J B, et al. Influence of JuA in evoking communication changes between the small intestines and brain tissues of rats and the GABA_A and GABA_B receptor transcription levels of hippocampal neurons[J]. Journal of ethnopharmacology, 2015, 159:215-223.
- [24] SHOU C H, WANG J, ZHENG X X, et al. Inhibitory effect of jujuboside A on penicillin sodium induced hyperactivity in rat hippocampal CA1 area in vitro[J]. Acta pharmacologica sinica, 2001, 22(11):986-990.
- [25] 董明兴. 酸枣仁止痒、止痛的应用[J]. 江西中医药, 1994, 25(4):62.
- [26] 毛昆,肖兴中,雷扬,等. 元胡止痛方加酸枣仁用于 ICU 镇痛镇静的临床研究[J]. 当代医学, 2020, 26(10):162-163.
- [27] 朱铁梁,胡占嵩,李璐,等. 酸枣仁总生物碱抗抑郁作用的实验研究[J]. 武警医学院学报, 2009, 18(5):420-422, 425.
- [28] 张丹丹,李亚妮,王金龙,等. 酸枣仁中有效成分抗抑郁作用的实验研究[J]. 山西中医学院学报, 2013, 14(5):16-18.
- [29] 田旭升,李欣,王琰,等. 酸枣仁汤对抑郁模型大鼠海马 β-catenin 表达影响的实验研究[J]. 中医药信息, 2017, 34(1):52-54.
- [30] 左军,王海鹏,柴剑波,等. 酸枣仁抗抑郁作用现代药理研究进展[J]. 辽宁中医药大学学报, 2017, 19(7):179-181.
- [31] 任晓宇,李廷利. 酸枣仁汤对慢性睡眠剥夺小鼠肝功能及特定肠道菌的影响[J]. 药物评价研究, 2020, 43(2):226-231.
- [32] 刘莹,解军波,张彦青. 食用酸枣仁多糖的小鼠肠道菌群培养上清液对 Caco-2 细胞吸收相关蛋白表达的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(13):302-306, 314.
- [33] PERIASAMY S, WU W H, CHIEN S P, et al. Dietary *Ziziphus jujuba* fruit attenuates colitis-associated tumorigenesis: A pivotal role of the NF-κB/IL-6/JAK1/STAT3 pathway[J]. Nutrition and cancer, 2020, 72(1):120-132.
- [34] 林婷婷. 酸枣仁多糖的提取制备与免疫调节活性研究[D]. 天津:天津商业大学, 2018:32-36.
- [35] 耿欣,李廷利. 酸枣仁主要化学成分及药理作用研究进展[J]. 中国中药报, 2016, 44(5):84-86.
- [36] HUANG X D, KOJIMA-YUASA A, NORIKURA T, et al. Mechanism of the anti-cancer activity of *Ziziphus jujuba* in HepG2 cells[J]. The American journal of Chinese medicine, 2007, 35(3):517-532.
- [37] BAI L, CUI X Q, CHENG N, et al. Hepatoprotective standardized EtOH-water extract of the leaves of *Ziziphus jujuba*[J]. Food & function, 2017, 8(2):816-822.
- [38] 孙艳,崔旭盛,刘静,等. 酸枣叶黄酮的提取工艺优化及其抗秀丽隐杆线虫氧化损伤活性[J]. 食品工业科技, 2020, 41(8):143-150.
- [39] 叶嘉,张浩,杨明建,等. 酸枣叶总黄酮对小鼠体内抗氧化能力的影响[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(10):125-128, 178.
- [40] HASSAN S M, SULTANA B, IQBAL M, et al. Anti-aflatoxigenic activity of *Punica granatum* and *Ziziphus jujuba* leaves against *Aspergillus parasiticus* inoculated poultry feed: Effect of storage conditions[J]. Biocatalysis & agricultural biotechnology, 2017, 10:104-112.
- [41] DAMIANO S, FORINO M, DE A, et al. Antioxidant and antibiofilm activities of secondary metabolites from *Ziziphus jujuba* leaves used for infusion preparation[J]. Food chemistry, 2017, 230:24-29.
- [42] 孙延芳,梁宗锁,刘政,等. 酸枣果三萜皂苷抑菌和抗氧化活性的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(6):139-142.
- [43] 黄宜生,贾钰华. 酸枣仁总皂苷对过氧化氢损伤心肌细胞的保护作用及机制研究[J]. 中药新药与临床药理, 2013, 24(2):135-139.
- [44] FAZIO A, LA TORRE C, CAROLEO M C, et al. Isolation and purification of glucans from an Italian cultivar of *Ziziphus jujuba* Mill. and in vitro effect on skin repair[J]. Molecules, 2020, 25(4):1-16.

(上接第6页)

- [42] 陈宝玉,王洪君,滕轶,等. 保水剂对土壤温度和水分动态的影响[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(6):32-36.
- [43] 兰宏亮,王海波,付铁梅,等. 种植密度与化学调控对夏播青贮玉米产量的影响[J]. 作物杂志, 2014(2):80-83.
- [44] 王元,宋金凤. 山丹县水肥一体化青贮玉米底肥减量增施保水剂对产量影响试验初报[J]. 农业科技与信息, 2020(13):5-6.
- [45] 官辛玲,高军侠,尹光华,等. 四种不同类型土壤保水剂保水性能的比较[J]. 生态学杂志, 2008, 27(4):652-656.
- [46] 操信春,刘喆,吴梦洋,等. 水足迹分析中国耕地水资源短缺时空格局及驱动机制[J]. 农业工程学报, 2019, 35(18):94-100.
- [47] 乔国梅. 实施农艺节水存在的问题及对策[J]. 现代农村科技, 2012(24):42-43.
- [48] 雷宏军,胡世国,潘红卫,等. 土壤通气性与加氧灌溉研究进展[J]. 土壤学报, 2017, 54(2):297-308.
- [49] 李瑞霞,梁玉理. 农业节水技术研究现状及其对河北平原作物高产节水的借鉴意义[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15):383-386.
- [50] 刘晓敏,李科江,王慧军. 基于熵权法的黑龙港区域咸水利用农艺节水技术集成模式综合评价[J]. 作物杂志, 2011(1):87-93.
- [51] 何涛. 农业高效用水及农艺节水技术[J]. 中国科技投资, 2017(21):347.