

孔令杰,郑 飞,陈艳萍,等. 玉米多元种植模式的应用现状[J]. 江苏农业科学,2020,48(19):61-64.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2020.19.013

玉米多元种植模式的应用现状

孔令杰,郑 飞,陈艳萍,赵文明,袁建华

(江苏省农业科学院粮食作物研究所,江苏南京 210014)

摘要:系统阐述了玉米连作、玉米与小麦和豆科作物的轮作、玉米与特粮特经作物的多元多熟间套种等种植模式的应用情况,分析了各种种植模式在农业生产中的变化趋势和保障农业安全发挥的积极作用。指出种植比较优势指数推动了小麦玉米轮作和玉米连作模式大面积应用,在宏观政策和市场的影响下,玉米与豆科作物轮作的种养模式应用面积不断增大;在光温资源丰富的区域,玉米与特粮特经作物组装多元多熟种植模式不仅培肥地力、提高复种指数、增加种植效益,也可以缓解豆科作物、蔬菜作物等的连作障碍,实现农业生产的绿色、节本、增效、可持续发展。

关键词:玉米;间作;套种;轮作;多元多熟

中图分类号: S513.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2020)19-0061-04

玉米是我国的重要粮经饲作物,国内玉米生产保障了养殖业和加工业的发展。近年来,玉米的供需处于平衡状态。在适应不同种植模式的过程中,

玉米与多种作物搭配,组装了多样的轮作和间套种模式,充分发挥了玉米适应区域广的特点,多样化的种植模式广泛分布在全国各地。间作套种是我国传统农业的精髓,在我国有悠久的种植历史,在玉米与矮秆作物、不同成熟期作物及地下根茎类作物相结合立体种植的过程中,扩大了对光、热、水、肥、土等自然资源的利用,更好地挖掘了土地生产潜力。在农业生产向高质量发展过程中,开始大力发展种养结合、生态循环农业,种养结合的种植模式成为保障农业生产可持续的重要措施。2019 年中央一号文件提出,扩大耕地轮作休耕制度试点,

收稿日期:2020-02-18

基金项目:农业重大技术协同推广项目(编号:XT(18)002);现代农业产业技术体系建设专项(编号:CARS-02-72);江苏省现代作物生产协同创新中心项目(编号:JCIC-MCP)。

作者简介:孔令杰(1982—),男,山东聊城人,副研究员,从事玉米栽培研究。E-mail:lingkj@126.com。

通信作者:袁建华,博士,研究员,从事玉米遗传育种。E-mail:yuanjh1123@163.com。

[2]董怀玉,王大为,董 智,等. 辽宁玉米几种病虫害综合防控技术初探[J]. 辽宁农业科学,2015(4):43-46.

[3]刘翠娜,邢小萍,李洪连,等. 化学农药对玉米中后期几种病虫害的田间防治效果[J]. 河南科学,2014,32(4):527-530.

[4]王 睿,刘金平. 几个玉米品种抗锈病的分析与鉴定[J]. 农业科技通讯,2019(2):140-143.

[5]赵志宏,王建设,李伟华,等. 豫东平原夏玉米病虫害综合化学防控技术研究[J]. 农学学报,2019,9(5):15-19,54.

[6]段灿星,江 凯,秦子惠,等. 玉米抗南方锈病种质标记基因型鉴定与遗传多样性分析[J]. 植物保护学报,2015,42(6):899-907.

[7]刘 杰,姜玉英,曾 娟,等. 2015 年我国玉米南方锈病重发特点及原因分析[J]. 中国植保导刊,2016,36(5):44-47.

[8]王双全,谢 谦,伏松平,等. 天水地区玉米螟流行规律调查及绿色防控效果研究[J]. 现代农业科技,2018(10):123-124,133.

[9]刘 骏,马 青,于 凯,等. 我国玉米南方锈病发生区域和玉米品种田间抗性的研究[J]. 作物杂志,2009(3):71-74.

[10]李淑君,付忠军,杨 华,等. 玉米种质资源对亚洲玉米螟的抗性鉴定与评价[J]. 种子,2015,34(10):31-34.

[11]刘 杰,姜玉英,曾 娟,等. 2015 年玉米重大病虫害发生特点

和趋势分析[J]. 中国植保导刊,2016,36(10):53-58.

[12]全国农业技术推广服务中心. 2018 全国农作物重大病虫害发生趋势预报[J]. 中国植保导刊,2018,38(2):26-31.

[13]王振营,王晓鸣. 我国玉米病虫害发生现状、趋势与防控对策[J]. 植物保护,2019,45(1):1-11.

[14]中国农业科学院植物保护研究所. 中国农作物病虫害[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2015:600-604.

[15]李石初,杜 青. 玉米种质资源抗南方玉米锈病鉴定初报[J]. 现代农业科技,2010(21):187,189.

[16]江 凯,杜 青,秦子惠,等. 玉米种质资源抗南方锈病鉴定[J]. 植物遗传资源学报,2013,14(4):711-714.

[17]陈文娟. 玉米抗南方锈病种质遗传多样性及抗性基因定位研究[D]. 郑州:河南师范大学,2018.

[18]赵士文,陈秀琳,陈丽慧,等. 陕西省关中夏玉米后期钻蛀性害虫的发生及不同玉米品种的抗虫性调查[J]. 植物保护,2017,43(5):164-168.

[19]李青青,郭 成,郭满库,等. 玉米种质资源抗螟性鉴定[J]. 江西农业学报,2014,26(12):42-45.

[20]杜文元,马兆中,刘 辉. 德单 123 玉米特征特性及高产栽培技术[J]. 种子世界,2017(2):43-44.

农业农村部在全国 17 个省(自治区)开始布局轮作休耕试点,试点面积 200 万 hm^2 ,其中 14 个省(自治区)的轮作面积 166.67 万 hm^2 ,以巩固提升产能,确保粮食安全。坚守耕地保护红线,提升耕地质量,坚持轮作为主、休耕为辅,确保谷物基本自给、口粮绝对安全。黄淮海地区在安徽省、山东省、河南省及江苏省北部推行玉米改种大豆为主,兼顾花生、油菜等油料作物,增加市场紧缺的大豆、油料供给。2020 年农业农村部发布种植业工作要点,要求稳步推进耕地轮作休耕试点,稳定东北地区玉米—大豆为主的轮作面积,重点扩大长江流域和黄淮海地区水稻—油菜、玉米—大豆或花生等轮作规模,适当扩大西北地区小麦—薯类或豆类、玉米—豆类等轮作规模。

全球变暖造成活动积温增加,品种的生育期不断适应生产需求,为种植模式的改变创造了更多条件;农业生产机械化推动了种植模式的改变,也为种植模式的改变提出了更多要求。与特粮特经作物组装的多元多熟种植模式挖掘了长三角区域丰富的光温资源,实现农业生产的种养结合和可持续发展。为进一步挖掘玉米在农业绿色高效发展中的作用,将玉米相关的间套种模式进行了总结分析。

1 玉米连作

受光温资源限制,我国东北、西北玉米区大面积一年一熟制的种植模式,常年连作玉米,发挥了玉米相对耐重茬能力。东北玉米产区是我国玉米主产区,西北玉米产区的新疆维吾尔自治区、甘肃等地为重要的玉米制种基地,在保障我国粮食安全上发挥了重要作用。玉米连作种植模式机械化程度高、生产效率高,玉米比较优势指数、种植效益高于其他作物。然而常年连作玉米难以避免对土壤物理性质和微量元素及有效养分结构的影响,土壤营养元素的片面吸收导致土壤养分供应不均衡^[1];常年连作导致土传病害增加,根系分泌与释放有毒化学物质对玉米发芽率和苗期生长造成自毒作用,且随着连作年限的增加而加剧^[2-3]。各地通过创造轮作条件、平衡施肥、秸秆还田、有害生物综合防控等技术的实施,缓解连作障碍,不断保持和提高土地的生产力^[4]。

2 玉米小麦轮作

2.1 麦田套种玉米

黄淮海夏玉米区为克服夏收夏种期间农业生

产紧张、农时不足导致玉米播种晚收获晚、影响冬小麦播种的问题,大面积存在麦田套种玉米的种植模式。夏玉米套种可争取更多光温资源、挖掘中晚熟品种的增产潜力,确保玉米正常灌浆成熟并为抢种小麦争取充裕时间。该种植模式费工、费时、播种质量差,无法实现机械化生产,逐步被直播玉米所取代,仅在陕西省、辽宁省、甘肃省、内蒙古自治区等水肥条件好但积温不充足区域少量分布。

2.1.1 主要优点 挖掘玉米苗期光温资源。该模式通过调整玉米播种和小麦收获的时间点,缓解了 20 世纪农业生产机械化程度低、农耗期时间长造成的农时紧张的问题。利用与麦田共生期间的光温资源,延长了玉米的生长期,保障合成的光合产物向籽粒转移,可以发挥中熟、晚熟品种的高产优势。套种玉米生长进程比直播玉米早,避免晚秋低温冷害,实现玉米的完全成熟,充分发挥玉米的增产潜力,同时为小麦的播种适时腾茬。

避开“芽涝”危害。黄淮海夏玉米区在 6 月下旬至 7 月上旬多阴雨,与直播玉米的苗期相遇,易发生渍涝胁迫。玉米苗期应少浇水适当蹲苗,怕发生涝害,特别是播种后至出苗前的渍涝灾害易造成烂种缺苗,重者绝产。套种玉米进入雨季时已处于拔节期,抗性增强,减产损失小。

2.1.2 主要弊端 套种玉米主要靠人工完成田间作业,劳动强度大、播种质量差、作业效率低,易造成缺苗断垄、苗势弱、参差不齐。与小麦共生期间,玉米幼苗处于遮阴寡照条件,易形成瘦弱苗,不利于高产群体的构建;共生期间诱发的苗期病虫害多,防治难度大。小麦收获作业难以避免对玉米幼苗造成伤害,导致缺苗断垄现象。

2.2 麦茬直播玉米

随着小麦和玉米中早熟品种的选育、活动积温的增加、配套机械的成熟及集成技术的不断完善,麦茬直播玉米种植模式的面积不断增加。小麦收获后免耕或灭茬后直播夏玉米,小麦秸秆覆盖地表减少了夏季的土壤水分蒸发、提高土壤肥力和种植效益。麦茬直播玉米,有利于小麦收获和玉米播种的机械化作业,促进了农业生产机械化水平的提高,对提高播种质量、实现夏玉米高产具有重要意义。因此,该模式在黄淮海区大面积普及应用。

2.2.1 主要优点 有利于机械作业。小麦收获后播种玉米减少了小麦收获环节对玉米苗期的损伤,实现了机播带种肥、一播全苗、提高整齐度。小麦

收获和玉米播种环节的机械化作业,提高了作业效率,缩短了作业时间,减少了农耗期,降低了农业生产劳动强度,解放了大量劳动力,降低了生产成本。玉米机械直播加速了农机农艺的融合,等行距机械种植有利于机械田间管理和收获的标准化作业,加快了玉米生产的全程机械化^[5]。

有利于田间植保、水分管理措施的实施。麦茬直播玉米模式的秸秆覆盖创造了病虫害的生活条件,但是直播田有利于防治措施的实施。免耕直播田的秸秆覆盖可以降低干旱天气时出现土壤裂缝跑墒、减少水分蒸发,板茬田的雨季积水便于排出,降低了苗期的渍涝风险。小麦和玉米秸秆还田有利于提高土壤有机质的含量,减轻基层的秸秆禁烧压力,同时解决了焚烧秸秆带来的空气污染和资源浪费问题,一定程度上实现土壤肥力的可持续均衡利用。

2.2.2 主要弊端 土地逐步集中的过程中,品种特性、机械性能和基础设施等不配套,制约小规模生产农户向机械直收玉米籽粒的推进,影响了机械化生产水平的进一步提高。现有品种收获时的含水量偏高,导致机械粒收的破碎率高,仓储过程中容易出现霉变。墒情适宜的情况下小麦收获后,机械可以抢墒播种,也可以播种后灌蒙头水;但是遭遇降水后,田间湿度直接影响机械速度和作业质量,甚至影响播种进度。

3 玉米豆科作物轮作

玉米种植效益较好,种植面积持续增加,持续连作是对玉米耐重茬能力的一个严峻挑战。豆科植物通过与根瘤菌共生,形成根瘤并进行生物固氮,是良好的养地作物。豆科作物的生物固氮是我国传统农业生产重要的氮素来源,然而,高氮会抑制豆科植物结瘤固氮,形成“氮阻遏”效应,通过豆科植物与玉米的轮作可充分发挥结瘤固氮的减肥增效、改良土壤的作用,粮豆轮作的历史传统为其他主粮作物创造了良好的土壤环境。研究表明,玉米大豆轮作显著优于连作,轮作比玉米连作增产 2 567.9 kg/hm²,增幅 21.8%,玉米的粗蛋白质含量、赖氨酸含量、容重分别提高 13.6%、3.0%、2.2%;轮作比大豆连作增产 593.9 kg/hm²,增幅 15.0%,大豆的粗蛋白质含量、粗脂肪含量分别增加 0.5%、1.6%^[6]。

Drury 等研究表明,玉米与大豆轮作时,N₂O 排

放量显著降低,折合损失氮素 1.34 kg/hm²,比玉米连作的氮素损失低 48.9%^[7]。玉米与豆科作物的紫花苜蓿轮作对美国玉米种植体系的可持续发展起到了重要作用,紫花苜蓿与玉米轮作第 1 年固定的氮可以代替氮肥约 150 kg/hm²;与玉米连作相比,2 年玉米和紫花苜蓿轮作可使土壤碳含量增加 25%,大量的碳可以改良土壤质量,可显著增加玉米产量^[8]。豆科与禾本科作物轮作体系中,禾本科作物氮吸收量的 5%~34% 来自于前茬豆科作物根际沉积氮,豆科作物与禾本科作物轮作增产的主要原因是氮素等养分的利用效率得以提高^[9-12]。玉米花生轮作田的玉米根系分泌物通过提高土壤微生物量、微生物活性及养分含量,来降低肉桂酸、邻苯二甲酸和对羟基苯甲酸对土壤微生态环境的化感作用,起到缓解花生连作障碍的作用^[13]。豆科作物与禾本科作物的轮作可以实现同步增产、病虫害防控、增加农田生物多样性的作用^[14]。

华北地区玉米种植面积不断增加与大豆种植面积不断减少显著相关,该地区大豆的效率和规模优势指数不断降低,大豆的单产低、玉米比较效益高影响农户种植积极性^[15]。2016 年原农业部发布《关于“镰刀弯”地区玉米结构调整的指导意见》提出构建种养结合的种植结构,在东北推行玉米大豆轮作,建立用地养地结合的土地利用模式。受鼓励政策影响,东北地区大豆种植面积逐步增加,成为中国大豆规模优势指数最高的地区,大豆种植向该地集中的趋势明显^[16]。为了发挥机械化生产优势和大豆养地作用,东北和华北地区的玉米、大豆主产区的技术集成向玉米大豆轮作的种植模式集中。

4 玉米的多元间套种模式

玉米的多元间套种模式利用了农田生态系统中各作物的空间、时间、养分的互补,实现农田生态系统的增产增效。间作模式相对于轮作模式,保留了轮作模式的养分互补、病虫害防控、农田生物多样性等优势,增加了作物间的竞争关系,需要根据作物特性调整种植模式,集成了以“选品种、扩间距、缩株距”为核心的玉米—大豆带状复合种植技术在西南地区应用^[17-18]。通过作物的套种,使不同作物存在短时间的共生期,实现了光温资源的集约化利用。在户均土地承包面积较大的黄淮、西北、东北区域,以种植玉米、小麦、花生、大豆等大宗农产品为主,主要为连作或轮作种植模式,通过机械

作业降低生产成本。在长三角及其周边区域,人均耕地面积少、光温资源充足、特粮特经作物类型丰富,玉米与其他作物的轮作、间套种种植,为当地劳动力创造了更多就业机会,弥补了当地农业生产不便于机械化的短板,增加了农民收入。由于蔬菜类型多样,生长周期短,通过科学地安排作物茬口,可提高复种指数至 1 年 2~4 熟。集成“马铃薯/青玉米+青毛豆—冬季蔬菜”“马铃薯/春玉米—水稻”“蚕豆/春玉米/ N (秋玉米、高粱、赤豆、青豌豆、秋大豆、水稻、西兰花等)”“冬季蔬菜—春玉米—水稻”“小麦/青玉米— N (青玉米、水稻、青豌豆等)”“青蚕豆/玉米/棉花”、小麦—青玉米— N (青玉米、青豌豆等)玉米相关种植模式几十种^[19-20],有效供应了长三角区域的特粮特经农产品,丰富了市民的餐桌。玉米与设施蔬菜或露地蔬菜的间套种模式,通过秸秆还田可实现改善土壤环境、提高微生物多样性和活性、缓解蔬菜连作障碍的效果,进而提高蔬菜的产量品质^[21-24]。

玉米品种类型丰富多样、适应区域广,通过挖掘当地的光温资源,合理布局玉米与粮食作物、豆科作物、蔬菜等的间套作或轮作模式,可实现农业资源的高效利用和生态化利用,实现农业生产的绿色、节本、增效、可持续。

参考文献:

- [1] 浙江农业大学. 植物营养与肥料[M]. 北京:农业出版社,1991.
- [2] 张乃明,陈建军,常晓冰. 污灌区土壤重金属累积影响因素研究[J]. 土壤,2002,34(2):90-93.
- [3] 王磊,王兰英,朱朝华,等. 玉米连作对其发芽率和苗期生长的影响[J]. 东北林业大学学报,2009,37(2):53-55.
- [4] 王娟,郑荣,张东昱. 张掖市制种玉米连作障碍土壤生态修复技术集成研究[J]. 农业科技与信息,2015(6):32-33.
- [5] 董佑福,康云友. 玉米免耕机械直播的优点及发展建议[J]. 农业开发与装备,2010(6):44.
- [6] 丁素荣,魏云山,周学超,等. 大豆—玉米不同轮作模式效果评价[C]. 第十届全国大豆学术讨论会论文摘要集,2017.
- [7] Drury C F, Reynolds W D, Tan C S, et al. Impacts of 49~51 years of fertilization and crop rotation on growing season nitrous oxide emissions, Nitrogen uptake and corn yields[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2014, 94(3):421-433.
- [8] Ben Goff, 冯葆昌, 高秋, 等. 美国紫花苜蓿与玉米轮作的效益分析[J]. 世界农业, 2017(8):199-201.
- [9] Laberge G, Haussmann B G, Ambus P, et al. Cowpea N rhizodeposition and its below-ground transfer to a co-existing and to a subsequent millet crop on a sandy soil of the Sudano-Sahelian eco-zone[J]. Plant and Soil, 2011, 340(1/2):369-382.
- [10] Vesterager J M, Nielsen N E, Jensen H H. Nitrogen budgets in crop sequences with or without phosphorus-fertilised cowpea in the maize-based cropping systems of semi-arid eastern Africa[J]. African Journal of Agricultural Research, 2007, 2(6):261-268.
- [11] Copeland P J, Crookston R K. Crop sequence affects nutrient composition of corn and soybean grown under high fertility[J]. Agronomy Journal, 1992, 84(3):503-509.
- [12] Bo Z, Yi L X, Hu Y G, et al. Nitrogen release from incorporated ¹⁵N-labelled Chinese milk vetch (*Astragalus sinicus* L.) residue and its dynamics in a double rice cropping system[J]. Plant and Soil, 2014, 374(1/2):331-344.
- [13] 李庆凯, 刘苹, 赵海军, 等. 玉米根系分泌物缓解连作花生土壤酚酸类物质的化感抑制作用[J]. 中国油料作物学报, 2019, 41(6):921-931.
- [14] 曾昭海. 豆科作物与和本科作物轮作研究进展及前景[J]. 中国生态农业学报, 2018, 26(1):57-61.
- [15] 矫江, 朱梓菲, 赵贵兴. 建设专用大豆基地推动大豆产业发展[J]. 大豆科技, 2018(2):9-13.
- [16] 胡忆雨, 朱颖璇, 杨雨豪, 等. 1951—2015 年中国主要粮食与油料作物种植结构变化分析[J]. 中国农业大学学报, 2019, 24(11):183-196.
- [17] 杨文钰, 杨峰. 发展玉豆带状复合种植, 保障国家粮食安全[J]. 中国农业科学, 2019, 52(21):3748-3750.
- [18] 方旭飞, 王丽学, 张钟莉莉, 等. 间作条件下不同覆盖方式对玉米品质的影响及综合效益评价[J]. 江苏农业科学, 2018, 46(10):79-82.
- [19] 刘建. 江苏沿江地区以春玉米为中心多元高效种植制度研究[J]. 中国农学通报, 2003, 19(6):105-109.
- [20] 项觉生, 黄陆飞, 袁建华, 等. 玉米新品种苏玉 20 间套种高效安全生产配套技术集成与示范[J]. 江苏农业科学, 2009(5):111-113.
- [21] 任雅喃. 套作玉米与秸秆还田对土壤微生物及露地蔬菜产量的影响[D]. 泰安:山东农业大学, 2018.
- [22] 仲惟磊. 玉米蔬菜不同间套模式对菜田土壤特性影响的研究[D]. 泰安:山东农业大学, 2011.
- [23] 加庆阳, 徐润生, 吕业成. 佛山市南海区克服蔬菜连作障碍的探索与实践[J]. 耕作与栽培, 2006(3):57-59.
- [24] 胡凤霞. 设施黄瓜—玉米轮作模式对连作障碍的克服效果[D]. 郑州:河南农业大学, 2013.