

美国俄亥俄州保护性耕作体系情况与 黑龙江省农业持续发展建议

盖志佳,赵文军,刘婧琦,蔡丽君,杜佳兴,赵桂范,张敬涛
(黑龙江省农业科学院 佳木斯分院,黑龙江 佳木斯 154007)

摘要:2016年9月17日-11月17日,应美国俄亥俄州立大学南部中心菲克·伊斯兰姆博士邀请出访美国学习先进的保护性耕作技术。通过2个月的学习、培训、交流了解到美国俄亥俄州先进的保护性耕作模式主要有3种,第一种是大豆-冬小麦-玉米3年期的轮作,其中冬小麦收获后可引入大豆作为保护性覆盖作物;第二种是大豆-玉米的隔年轮作;第三种是大豆-玉米轮作中引入黑麦等覆盖作物。该保护性耕作技术体系十分成熟,处于世界领先地位,结合黑龙江省农业发展现状,3种先进的保护性耕作模式中,大豆-玉米隔年轮作的保护性耕作技术适宜在黑龙江省大面积推广。

关键词:俄亥俄州;黑龙江省;大豆;玉米;保护性耕作体系

中图分类号:S34(712);S-0 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-2767(2017)08-0125-05 DOI:10.11942/j.issn1002-2767.2017.08.0125

黑龙江省农业科学院佳木斯分院作为国家引智基地,2014年引进美国保护性耕作专家,2015

年分院研究科研人员陆续出访美国进行学习培训,真正作到了“引进来交流,走出去学习”,有利于引智基地服务推广能力的提升以及引智成果的示范、推广,为进一步加强未来黑龙江省农业科学院佳木斯分院与美国俄亥俄州立大学的合作研究奠定了基础。目前,作为国家粮食“压仓石”的黑龙省有关作物保护性耕作的研究及应用已经取得了一些有益的成果。如垦区的大豆玉米原垄卡少耕种植技术,黑龙江省农业科学院佳木斯分院可持续农业技术研究所研制的窄行大豆免耕技术

收稿日期:2017-06-28
基金项目:黑龙江省现代农业生产协同创新体系东部大豆综合试验站资助项目;黑龙江省农业科学院院级科研资助项目(2017JS07)
第一作者简介:盖志佳(1985-),男,黑龙江省佳木斯市人,博士,助理研究员,从事大豆栽培生理与耕作研究。E-mail:gaizhijia@163.com。
通讯作者:张敬涛(1964-),男,黑龙江省富锦市人,硕士,研究员,从事大豆栽培与耕作研究。E-mail:Zhangjt@163.com。

Research Progress and Prospect of Plant DNA Methylation and Low Temperature Stress

MENG De-bin¹, GUO Jiu-feng¹, MA Meng-yu¹, YU Lin-qing², YU Li-wei³

(1. Physical Science and Technology College, Inner Mongolia University, Hohhot, Inner Mongolia 010021; 2. Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot, Inner Mongolia 010010; 3. Northeast Normal University, Changchun, Jilin 130024)

Abstract: Abiotic stresses, such as drought, salinity and chilling, negatively influence survival, biomass production and crop yield. Low temperature or cold stress, causes cold damage to plants, and affects plant growth, development, as well as quality of seed. In the process of regulating the expression of eukaryotic genes, DNA methylation is an important component of the epigenetic, and it plays a key role in regulating gene expression. In order to make plants better adapt to cold stress, new germplasm with cold resistance was created. This paper briefly discusses the relationship between Plant Chilling Stress and plant DNA methylation, and advances in research at home and abroad. And put forward the prospect of how to deal with low temperature stress and carry out epigenetic research.

Keywords: abiotic stresses; low temperature stress ; DNA methylation

实现了大豆单产 $3\,000\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,建立了与玉米宽窄行免耕种植技术配套的大豆玉米轮作保护性耕作体系。但是,距离美国先进完善的保护性耕作体系还有一定的距离,如美国合理的轮作体系、成熟的条带耕、免耕、秸秆还田技术及覆盖作物管理等保护性耕作技术均已十分成熟。鉴于此,结合黑龙江省农业发展现状,分享保护性耕作技术的学习培训与心得,为保护性耕作技术的研究及龙江农业的持续发展提供参考。

1 美国俄亥俄州的保护性耕作体系

俄亥俄州位于美国中东部,是美国重要的农业大州之一,该州以旱田作物为主。属于温带大陆性湿润气候,平均年降雨量为 950 mm ,耕地面积占全州 $2/3$ 以上。大豆是俄亥俄州种植面积最大的作物,其次是玉米和冬小麦。2014 年大豆种植面积为 $19.6\times 10^5\text{ hm}^2$,单产 $3\,530.7\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;玉米种植面积为 $15.0\times 10^5\text{ hm}^2$,单产 $11\,836.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$;冬小麦种植面积为 $2.5\times 10^5\text{ hm}^2$,单产 $4\,842.1\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ ^[1]。保护性耕作面积占 45% 左右,其中采用免耕技术的大豆,占 70% 左右; 30% 左右的玉米采用少免耕技术。该州主要有 3 种保护性耕作模式。第一种是大豆收获后种植冬小麦,次年 6 月中旬-7 月上旬收获小麦,然后撂荒或种植大豆,大豆通常不会成熟,不成熟的大豆就作为覆盖作物,起到固氮作用,第 3 年种植玉米,玉米收获后,第 4 年种植大豆,如此循环。第二种模式就是大豆玉米隔年轮作。大豆行距为 38 cm 和 19 cm ,进行密度为 $40\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 的密植种植,选用耐密抗倒品种;玉米主要是 76 cm 的行距,密度一般在 $9\text{ 万株}\cdot\text{hm}^{-2}$ 以上,选择抗倒伏,植株生物量小,后期脱水快,适宜机械直收的品种,收获后秸秆大部分全量还田,部分秸秆打包再利用;免耕播种机械主要的品牌有 John Deer, Great Plains 和 Case II。播种机类型包括条播机械和精量播种机。条播机械的优点是机械价格低,适宜播种小麦,缺点是与精量机相比,播种效果差,断条率高;精量播种机优点是播种效果高,断条率低,缺点是机械价格高,不适合小麦播种。第三种模式为大豆-玉米轮作体系中引入覆盖作物,主要覆盖作物为黑麦,应用覆盖作物的农户会得到政府一定的补贴,有利于轮作体系中加入覆盖作物技术的推广。19 世纪末,美国开始了覆盖作物的研究,已获得一些相关成果。在不断追求农业持

续健康发展及全球温室气体排放量日渐增加的背景下,覆盖作物已成为保护性耕作体系研究领域的热点和焦点。加之,美国俄亥俄州土壤是粘壤,粘土含量高,土质较差,这使得覆盖作物的研究与应用变得尤为重要。因为,覆盖作物具有可培肥地力,固碳减排,控制杂草,抑制昆虫,减少农药化肥投入,提高土壤湿度,改善水质,防止土壤侵蚀,提高土壤健康质量等作用,覆盖作物的推广有助于农业生产持续发展的实现。覆盖作物一般在冬小麦收获后种植。覆盖作物种类有很多,黑麦(*Secale cereale*)是最为重要、应用最为广泛的覆盖作物。在大豆或玉米收获前期用飞机、专用覆盖作物播种机将覆盖作物种子播撒到大豆田或玉米田,第二年在播种下茬作物前杀死覆盖作物。覆盖作物的主要功能包括:提供氮素营养,改善土壤结构,减少土壤压实,降低土壤侵蚀,控制田间杂草,营养管理及覆盖物保湿作用等。

2 黑龙江省推广保护性耕作体系的必要性

黑龙江省是典型的旱作农业区,同时拥有世界上最珍贵的三大黑土带资源之一。然而由于人为不尽合理的过渡开发与耕作以及掠夺式经营管理,导致耕地黑土层变薄,土壤有机质含量不断降低,生态环境恶化日趋严重,连年耕翻碳排放增加、秸秆焚烧污染环境等问题直接威胁到我国粮食安全生产,严重制约了我国粮食产量的进一步提高及农业的持续发展。美国 1937 年爆发的黑风暴正是前车之鉴^[2]。为此,黑龙江省更应该珍惜宝贵的资源-黑土,走农业持续发展道路,建立推广保护性耕作技术体系。

2.1 保护性耕作有利于降低土壤碳排放

如何减少温室气体排放是全球面临的共性问题。土壤在农业生产对大气二氧化碳积累的影响中发挥重要作用^[3-4]。土壤碳含量的微小变化能够影响碳循环,特别是二氧化碳的排放,因为与空气以及植物中有机碳相比,陆地上的有机碳含量非常丰富^[4-5]。管理措施,特别是耕作,对于具有调节二氧化碳汇或源功能的土壤的影响也很显著^[5-7]。尽管传统耕作有很多益处,包括有利于播种和耕作,能够抑制杂草及土传病害以及比短期免耕产量高等,但是传统耕作也被鉴定为农业二氧化碳排放到大气中的主要来源^[3,8]。传统耕作会造成作物残茬的破碎与混合,增加土壤透气性

及土壤温度,影响干湿和冻融循环,致使土壤结构被分解,将碳暴露给微生物,加速作物残茬和土壤有机质分解,进而引起二氧化碳排放增加^[6,9-10]。从传统耕作向免耕转变是降低农业生产费用以及提高土壤从大气二氧化碳(CO₂)来源到碳汇功能的主要策略之一^[7-8]。免耕条件下,作物残茬积累在土壤表面,减弱了空气、水分以及能量在土壤表面和大气间的交换^[4]。这些交换的减弱会降低土壤的温度与蒸发,更持久地保持土壤湿度,进而降低土壤有机质的损失^[11]。Dick^[9]的报道指出,与传统耕作处理相比,17年连续免耕使0~15 cm土壤碳密度显著增加。来自129个试验的数据表明:与超过30 cm深度的土壤样品进行综合分析显示免耕使土壤表面碳显著增加,而传统耕作对碳的积累主要在土壤20 cm附近或20 cm以下^[12-14]。

2.2 保护性耕作有利于改善土壤结构,培肥土壤地力

保护性耕作可培肥地力,改善土壤结构。刘世平等^[15]进行的连续11 a少耕、免耕定位试验表明,少免耕不仅有利于提高上层土壤土壤上层速效钾、有机质及全氮含量,同时也有助于增加土壤耕层养分含量。高建华等^[16]在黄土高原半干旱区连续4 a保护性耕作试验,免耕稻秸覆盖可显著降低0~5 cm土壤的容重,免耕稻秸覆盖、传统耕作稻秸粉碎还田处理5~10、10~30 cm土层的容重均显著降低。黄丽芬等^[17]进行的长达12 a的少耕、免耕长期定位试验表明,免耕处理小麦增产效果稳定,5 a后免耕处理土壤有机质含量基本维持稳定状态,免耕条件下更有利于土壤表层有机质积累,土壤容重显著高于常规耕作处理。此外,秸秆覆盖使土壤免受雨水的直接冲击,进而保护表层土壤结构,减少细小土壤颗粒充填孔隙,增加土壤透气性,防止土壤板结,保持土壤疏松性^[18]。也有研究表明^[19],秸秆覆盖可使土壤容重降低1.8%~10.9%,孔隙度增加超过2.88%。覆盖秸秆不仅提高了土壤有机质含量,还增强了土壤中蚯蚓等动物的频繁活动,进而改善了耕层土壤结构^[20]。

2.3 保护性耕作有利于保墒抗旱,提高水分利用效率

籍增顺^[21]的研究表明,玉米在整个生育期内以免耕处理土壤含水量较高,不同耕作方式处理

的土壤水分差异随着时间的推移呈降低的趋势,免耕处理保水效果随着土层深度增加呈降低的趋势。张海林^[22]研究表明,耕作方式并未大幅度提高或降低夏玉米的耗水量,不同耕作方式对夏玉米耗水量差异影响不大;与翻耕、铁茬、翻耕处理相比,覆盖免耕夏玉米耗水量的时间分配规律是前期耗水较少,后期蒸散量、耗水量增加,而且覆盖免耕可有效地减少土壤棵间蒸发,但增加了玉米的蒸腾量,变非生产性耗水为有效耗水,有利于夏玉米水分利用率及产量的增加。Fabrizzi等^[23]研究指出,在玉米生长关键期,免耕土壤储水量大于少耕土壤储水量,有利于玉米产量的提高。Wagger^[24]研究表明,与常规耕作处理相比,免耕玉米在生长期蒸发量降低150 mm,蒸腾量增加65 mm,免耕处理极大地提高了水分利用效率。李洪文等^[25]研究指出,降雨强度为1.375 mm·min⁻¹时,传统耕作处理需要5 min产生径流,而免耕处理需要25 min才能产生径流,且径流量最少。

2.4 长期保护性耕作有利于对作物产量的提高

关于保护性耕作对作物产量的影响,研究结果不尽相同,基本的观点是长期保护性耕作有利于作物产量的提高。朱文珊等^[26]在北方一年两熟地区进行的10多年的研究发现,秸秆覆盖免耕技术具有可降低生产成本、增加作物产量及提高肥料利用率等优点,一般年份作物增产为10%~20%,氮素利用率增加10%左右。本团队关于免耕密植宽窄行对大豆农艺性状及产量的影响研究^[27]结果表明,玉米秸秆地表全量还田下,利用窄行密植技术与免耕技术结合,形成大豆窄行免耕栽培技术,大豆玉米持续轮作体系下大豆窄行免耕处理的产量明显高于传统垄作处理。陈素英等^[28]的研究表明,覆盖免耕可以抑制夏玉米苗期土壤棵间蒸发,进而提高了作物的产量及水分利用效率。本人2015年的研究^[29],结果表明:连续免耕5 a的玉米产量高于传统翻耕垄作和平作翻耕种植。张志国等^[30]对24 a的长期免耕与犁耕玉米的产量进行了对比分析,结果表明前13 a免耕处理玉米平均产量与犁耕相当,而后11 a免耕处理下玉米平均产量显著高于犁耕处理,随种植年限的增加,免耕处理的增产优势更加明显。

3 适宜黑龙江省的保护性耕作体系

就当前黑龙江省实际情况而言,更适合推广

第二种模式,即大豆-玉米轮作的保护性耕作体系。大豆玉米隔年轮作不仅有利于龙江农业种植结构调整,同时可解决玉米秸秆大量焚烧带来的环境污染、碳排放增加等问题。大豆-玉米轮作的保护性耕作体系在我省的大力推进需要经过引进、消化、吸收、创新、再利用的不断循环的过程。同时该模式的推广还应重点解决以下问题:首先,玉米收割机的秸秆粉碎效果和及秸秆均匀分布的问题。玉米(或大豆)机械收获的同时要充分粉碎秸秆,并且均匀抛洒,避免秸秆分布不均匀影响下茬作物的播种。为此,应该严格控制作物秸秆留茬高度和秸秆长度,大豆留茬高度不应低于 15 cm,秸秆长度不高于 20 cm,玉米留茬高度不低于 30 cm,秸秆长度不高于 20 cm。适当提高残茬高度,减少经过联合收割机处理的残茬量,减少抛撒秸秆的数量;要避免收割机工作时的临时停车,有必要进行停车操作时,请将机器内部的残茬抛撒干净防止秸秆残茬聚集成堆;此外,收获玉米后,可适当施用氮肥,协调碳氮比,加快秸秆腐解,或者使用秸秆腐解剂;同时,大豆玉米轮作田的田间交通控制也非常关键,为避免农田压实,要求进入田间操作的播种机械、喷药机械、中耕机及收获机械发作业副配套的播幅均为整数倍,保证机械轮(轨)在田间的行走轨迹一致。其次,价格低、操作简单的小型免耕精量播种机的研制。从传统翻耕垄作转向保护性耕作,农民需要一个适应和学习的过程,而先进好用的少免耕播种机的研发至关重要,通过采用少免耕技术再降低农民生产成本的同时,还能保证作物的产量,进而实现保护性耕作模式的大面积推广。再次,加快耐低温、早发快生、脱水快品种的培育。黑龙江省属于寒地生态区,进行保护性耕作,特别是免耕技术的栽培,会导致土壤温度降低,因此,培育耐低温、早发快生的品种有利于保证作物正常的生长发育;此外,脱水快的品种收获后秸秆的粉碎效果较好,可以为下年作物的播种效果奠定良好基础。最后,栽培技术与保护性耕作的有机结合。可以将黑龙江省见效良好的栽培技术与新型的保护性耕作模式进行结合,从而达到农作物的高产、高效可持续发展。如大豆窄行密植种植技术与保护性耕作技术结合,玉米宽窄行种植与保护性耕作技术结合,通过合理增加群体种植密度进而提高保护性耕作体系下作物的产量。

4 展望

通过保护性轮作,建立合理的种植制度和耕作制度,降低病虫害草害的发生;通过秸秆覆盖、秸秆还田,降低杂草数量,减少农药、化肥等化学品的投入,降低地表水分径流,提高水分利用率;通过少耕、免耕技术降低投入成本,减少温室气体排放,提高土壤固碳能力;研发配置相对于的农机具,实现农机农艺相结合、保护性耕作与高产栽培相结合,进而实现作物的优质高产,最终建立适宜黑龙江省的保护性耕作体系。通过借鉴美国俄亥俄州先进的保护性耕作经验,结合我省具体农耕条件,不断进行大豆玉米轮作保护性耕作技术体系的研究与推广,逐渐引入覆盖作物,进而丰富龙江农业种植结构,提高黑龙江省农业生态系统的持续生产能力。

参考文献:

- [1] Cheryl Turner, Brooke Morris. Ohio agricultural statistics 2015 annual bulletin[R]. Ohio Annual Bulletin, Ohio : Ohio Field Office, 2015.
- [2] 盖志佳,刘婧琦,刘爱群,等. 大豆保护性耕作研究进展[J]. 作物杂志, 2013(6): 4-8.
- [3] Burney J A, Davis S J, Lobell D B. Greenhouse gas mitigation by agricultural intensification[J]. National Academy of Sciences of USA, 2010, 107(26): 12052-12057.
- [4] Lobell D B, Bala G P, Duffy P B. Biogeophysical impacts of cropland management changes on climate[J]. Geophysical Research Letters, 2006, 33: L06708.
- [5] West T O, Post W M. Soil organic carbon sequestration rates by tillage and crop rotation: A global data analysis[J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 66: 1930-1946.
- [6] Angers D A, Cote D. Tillage-induced differences in organic matter of particle-size fractions and microbial biomass[J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57: 512-516.
- [7] Luo Z K, Wang E L, Sun O J. Can no-tillage stimulate carbon sequestration in agricultural soils? A meta-analysis of paired experiments[J]. Agriculture Ecosystems & Environment, 2010, 139(1-2): 224-231.
- [8] Crovetto C C. No-tillage: The relationship between no tillage, crop residues plants and soil nutrition[M]. Thermo Impresores S. A., Hualpen, Chile. 2006.
- [9] Dick W A. Organic carbon, nitrogen, and phosphorus concentrations and pH in soil profiles as affected by tillage intensity[J]. Soil Science Society of America Journal, 1983, 47(1): 102-107.
- [10] Carmen A M, Aitkenhead-Peterson J A, Gentry T J, et al. Soil microbial community, C, N, and P responses to long-term tillage and crop rotation[J]. Soil and Tillage Re-

- search, 2010, 106(2):285-293.
- [11] Hendrix P F, Parmelee R W, Crossley D A, et al. Detritus food webs in conventional and no-tillage agroecosystems[J]. *BioScience*, 1986, 36(6):374-380.
- [12] Hernanz J L, Sanchez-Giron V, Navarrete L. Soil carbon sequestration and stratification in a cereal/leguminous crop rotation with three tillage systems in semi-arid conditions[J]. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 2009, 113(1):114-122.
- [13] Franzluebbers A J, Hons F M, Zuberer D A. Long-term changes in soil carbon and nitrogen pools in wheat management systems[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1994, 58(6):1639-1645.
- [14] Jacobs A, Rauber R, Ludwig B. Impact of reduced tillage on carbon and nitrogen storage of two Hapic Luvisols after 40 years[J]. *Soil and Tillage Research*, 2009, 102(1):158-164.
- [15] 刘世平. 长期少免耕土壤供肥特征及水稻吸肥规律的研究[J]. *江苏农学院学报*, 1995, 16(2):77-80.
- [16] 高建华, 张承中. 不同保护性耕作措施对黄土高原旱作农田土壤物理结构的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2010, 28(4):192-196.
- [17] 黄丽芬. 长期少免耕对稻麦产量与土壤肥力的影响[J]. *扬州大学学报(自然科学版)*, 1999, 2(1):48-52.
- [18] 刘玉含, 张展羽, 伊德里萨. 农田秸秆覆盖技术及其发展趋势分析[J]. *水利经济*, 2007, 25(2):53-56.
- [19] 郭旭新, 赵英, 王稳江. 干旱条件下作物秸秆覆盖效应[J]. *杨凌职业技术学院学报*, 2010, 9(3):7-12.
- [20] 韩思明, 杨春峰, 史俊通, 等. 旱地残茬覆盖耕作法的研
- 究[J]. *干旱地区农业研究*, 1988, 6(3):1-12.
- [21] 籍增顺, 张树梅, 薛宗让, 等. 旱地玉米免耕系统土壤养分研究: I. 土壤有机质、酶及氮变化[J]. *华北农学报*, 1998, 13(2):42-47.
- [22] 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.
- [23] Fabrizio K P, Garcia F O, Costa J L. Soil water dynamics, physical properties and corn and wheat responses to minimum and no-tillage systems in the southern Pampas of Argentina[J]. *Soil and Tillage Research*, 2005, 81:57-69.
- [24] Wagger M G. Corn yield and water use efficiency as affected by tillage and irrigation[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1993, 57(1):229-234.
- [25] 李洪文, 陈君达. 旱地农业三种耕作措施的对比研究[J]. *干旱地区农业研究*, 1997, 15(1):7-11.
- [26] 朱文珊, 高弓. 北方一年两熟地区秸秆覆盖免耕技术原理及应用效果研究[M]. 中国少耕免耕与覆盖技术研究. 北京: 科学技术出版社, 1991.
- [27] 盖志佳, 蔡丽君, 刘婧琦, 等. 轮作体系下窄行密植免耕对大豆农艺性状及产量的影响[J]. *中国种业*, 2017(6):63-65.
- [28] 陈素英, 张喜英, 胡春胜, 等. 秸秆覆盖对夏玉米生长过程及水分利用的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2002, 20(4):55-58.
- [29] 盖志佳, 张敬涛. 耕作方式和密度对玉米产量及构成因素的影响[J]. *农学学报* 2015, 5(8):23-26.
- [30] 张志国, 徐琪, Blevins R L. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. *土壤学报*, 1998, 35(3):384-391.

Situation Analysis of Conservation Tillage System in Ohio, USA and Suggestion of Sustainable Agricultural Development of Heilongjiang Province

GAI Zhi-jia, ZHAO Wen-jun, LIU Jing-qi, CAI Li-jun, DU Jia-xing, ZHAO Gui-fan, ZHANG Jing-tao

(Jiamusi Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Jiamusi, Heilongjiang 154007)

Abstract: As a visiting scholar, Author was invited by Dr. Islam in South Center of Ohio State University to study conservation tillage technology from September 17 to November 17, 2016. Through two months of study, training and communication, my research team have learned that there are three main types of conservation tillage in Ohio state. The first type is the soybean-winter wheat-maize rotation in 3 years and soybean is introduced as a protective cover crop after winter wheat harvest. The second type is the annual rotation of soybean-maize. And the third type is soybean-maize rotation system, to which rye and other crops as protective mulchs was introduced. The conservation tillage technology system was mature and dominant in the world. Based on the current situation of agricultural development in Heilongjiang province, the conservation tillage pattern of soybean-corn annual rotation is suitable for widespread extension in Heilongjiang province.

Keywords: Ohio state; Heilongjiang province; soybean; maize; conservative tillage system