

王 幸,王宗标,齐玉军,等. 保护性耕作研究与应用进展 [J]. 江苏农业科学,2014,42(5):3-7.

保护性耕作研究与应用进展

王 幸¹, 王宗标¹, 齐玉军¹, 徐泽俊¹, 吴存祥²

(1. 江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏徐州 221131; 2. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081)

摘要:保护性耕作起源于美国,现已成为世界上应用范围最广、效果最好的一项旱作农业技术。本文阐述了保护性耕作的概念,国内外应用概况,保护性耕作对土壤理化性状、作物生长发育及产量的影响,探讨了保护性耕作存在的问题,提出了相应的发展建议。

关键词:保护性耕作;应用概况;效应;研究进展;存在问题

中图分类号: S345 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0003-04

保护性耕作作为世界上应用范围最广、效果最好的一项旱作农业技术,越来越受到世界各国的关注。目前,保护性耕作在国际上还无统一定义,美国保护性耕作信息中心 (conservation tillage information center, CTIC) 通常以秸秆残茬覆盖度为标准,把一季作物收获以后,地表留茬覆盖至少 30% 的耕作方式称为保护性耕作,如免耕、覆盖耕作、带状耕作等;而秸秆残茬覆盖度为 15% ~ 30% 的称为少耕,不属于保护性耕作。2002 年,我国农业部为了使广大农民容易理解,依据保护性耕作的内涵和目标,将保护性耕作定义为对农田实行免耕、少耕、尽可能减少耕作,并将作物秸秆覆盖地表,以减少风蚀、水蚀,提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进农业耕作技术^[1]。中国农业大学张海林等认为,保护性耕作是指通过少耕、免耕、地表微地形改造技术及地表覆盖、合理种植等综合配套措施,减少农田土壤侵蚀,保护农田生态环境,并获得生态效益、经济效益及社会效益协调发展的可持续农业技术^[2]。

1 保护性耕作研究与应用现状

1.1 国外研究与应用现状

保护性耕作起源于美国,1935 年 5 月,美国暴发的震惊世界的“黑风暴”,推动了人们改革传统耕作方法、探索保水保土的新方法,形成了以“少免耕”代替“铧式犁耕翻”“秸秆覆盖”代替“裸露休闲”为主要内容的“保护性耕作”^[3]。20 世纪 30 年代以来,美国对保护性耕作的内容、机具、方式、经济效益等进行了系统研究,解决了许多理论与技术问题^[4],在增加地表作物残留物覆盖和降低耕作强度方面,田间作业次数已减至 1 ~ 3 次^[5],研制出凿形犁和专用免耕播种机,提出一套完整的以免耕、少耕、覆盖、垄作、带状耕作等为主要内容的保护性耕作新技术^[6],并进行了大面积示范推广。2000 年美国保护性耕作的面积达 2 400 万 hm^2 ^[6],占总耕地面积的 21%。2002 年增加到 6 769 万 hm^2 ,占总耕地面积的 60%^[7]。

收稿日期:2013-08-30

基金项目:国家大豆产业技术体系建设专项(编号:CARS-004-CES22)。

作者简介:王 幸(1973—),女,江苏丹阳人,副研究员,主要从事大豆育种与栽培研究。Tel: (0516) 82189229; E-mail: sxwangxing@126.com。

通信作者:吴存祥,博士,研究员。E-mail: wucx@mail.caas.net.cn。

20 世纪 40 年代,澳大利亚开始重视保护性耕作的研究,70 年代以后北部半干旱区大面积采用保护性耕作技术^[8],80 年代进行大规模推广,目前以免耕、少耕等秸秆覆盖保护性耕作技术为主。1996—2002 年,澳大利亚已经基本取消铧式犁,保护性耕作应用面积由 60% 增加到 73%^[7]。

加拿大的免耕技术研究可以分为 3 个阶段:第 1 阶段,1955—1985 年,研究免耕播种机和除草剂;第 2 阶段,1985—1995 年,大面积推广应用保护性耕作技术;第 3 阶段,1995 年至今,研究降低生产成本^[9]。加拿大的保护性耕作对改善西部大草原的生态起到了重要作用,明显提高了土壤含水率和水利用率,减少了土壤的水蚀、风蚀,2002 年加拿大保护性耕作应用面积达 1 300 万 hm^2 ,占全国耕地的 30.5%^[6]。

阿根廷、巴拉圭、巴西、智利等拉丁美洲国家,保护性耕作起步较晚,但发展很快,已成为世界上采用保护性耕作比例最高、面积仅次于北美洲的第二大保护性耕作区^[10]。拉丁美洲的保护性耕作技术能在较短时间内得到大面积推广应用,最主要原因是研制出了农民能够买得起、适合当地经济条件的保护性耕作专用机具和除草剂^[11]。表明保护性耕作机具的研发和除草剂的研究与使用,是发展保护性耕作的关键措施^[12]。

目前,世界上有几十个国家大规模地采用保护性耕作,并把它看作是一场传统耕作向保护性耕作转变的革命。

1.2 中国研究与应用现状

我国保护性耕作的研究开始于 20 世纪 60 年代初,黑龙江国营农场开展了免耕种植小麦试验;20 世纪 70 年代,江苏无锡、徐州等地进行稻茬免耕麦技术研究,与此同时西南农业大学侯光炯教授提出了“自然免耕”理论。贵州、云南等有关院校也开展了少免耕技术的研究^[13],取得较好的增产效果^[12]。20 世纪 80 年代开展旱地农业耕作体系研究,向减少耕作和覆盖方向发展;20 世纪 90 年代,开展了农艺、农机相结合的系统性试验,在适合中国国情的保护性耕作技术及机械设计方面取得了较大进展^[11],总结了 3 种适合山西省应用的玉米机械化保护性耕作体系、3 种小麦机械化保护性耕作体系,“九五”“十五”期间,被列入国家科技攻关计划^[14]。2002 年农业部在山西、北京、天津、河北、内蒙古、辽宁及甘肃等地区,建立了 38 个项目县,进行保护性耕作技术示范和推广^[5]。2004 年在国家粮食丰产科技工程项目中,科技部专门设立不同主产区保护性耕作技术项目,开展相应的试验示

范^[15]。2007 年,农业部出台《关于大力发展保护性耕作的意见》,力争在“十一五”期末,保护性耕作实施面积超过 400 万 hm^2 ,实现保护性耕作机具质量基本满足生产要求、技术体系基本完善,实施区域生态、经济和社会效益明显提高的目标,这标志着中国保护性耕作的实施迈入一个新的时期。2011 年 9 月,农业部又发布了《全国农业机械化发展第十二个五年规划》,其中的《保护性耕作工程建设规划》指出,到 2015 年末新增保护性耕作面积 1 100 万 hm^2 。保护性耕作受到各级政府的高度重视。据报道,2012 年全国保护性耕作已超过 667 万 hm^2 ,应用范围由北方旱作区为主向南方地区持续扩大,由小麦、玉米为主向水稻、马铃薯、油菜等多种作物不断拓展。保护性耕作的专用机具种类大幅增加,作业质量显著提高,新型大豆免耕播种技术及稻作技术日益成熟。

2 保护性耕作效应研究现状

国内外关于保护性耕作效应的研究一直没有间断,保护性耕作影响农田土壤水、肥、气、热、土壤微生物、酶、pH 值及农田小气候,同时对整个生态系统 and 环境也会产生有利影响。由于采用的技术措施不同,以及供试土壤和作物的差异,导致试验结果也不尽相同。

2.1 保护性耕作对土壤物理性状的影响

土壤团粒结构是土壤的重要组成部分,影响土壤的物理化学性质,是土壤功能的重要指标。免耕可增加土壤团聚体数量^[16-18],有利于土壤水分与土壤空气的相互消长平衡,增强了土壤对环境水、热变化的缓冲能力,为植物生长及微生物生命活动创造良好环境^[19]。秸秆还田可增加 4.75 mm 以上粒径的团聚体,秸秆还田结合少耕、免耕可使土粒平均直径增加 71%~98%^[20],有利于提高土壤机械稳定性及水稳定性团聚体结构水平,增加土壤稳定性,改善土壤结构状况^[21-22]。

土壤容重是衡量土壤紧实程度的指标,是反映土壤结构、透气性、透水性能以及保水能力高低的一项重要物理性质,土壤容重越小说明土壤结构、透气透水性能越好,从而可以促进土壤微生物活动,增强土壤养分的供应^[23-24]。张志国等研究指出,在沙壤土上长期免耕或犁耕,只要把作物秸秆还田,就不会引起土壤板结,而免耕条件下的土壤容重更类似于自然植被下的土壤容重^[25]。李新举等研究结果,无论秸秆覆盖还是秸秆翻压都可以增加土壤孔隙度、减少土壤容重^[26-27]。相关研究结果表明,秸秆覆盖免耕还田对土壤容重、孔隙度、土壤微团聚体都有不同程度的影响,因为覆盖抑制了地表水分蒸发,防止表土板结,使土壤通透性良好,三相比更趋于合理,有利改善肥力条件,为土壤良好结构的形成奠定了基础^[28-33]。也有报道免耕条件下土壤容重有所增加^[34-37]。因此,保护性耕作在不同土壤类型和生态区条件下对土壤结构的影响还需进一步深入研究。

2.2 保护性耕作对土壤温度的影响

保护性耕作对土壤温度有明显的调节作用,秸秆覆盖对热量传导、光辐射吸收转化均有影响,秸秆覆盖下土壤温度变化趋于缓和,高温时有“低温效应”,低温时又有“增温效应”,即能够平抑地温变化,缩小昼夜温差,这种双重效应对作物生长十分有利,能够有效缓解气温激变对作物的伤害^[38-41]。周凌云等研究认为,冬季的增温效应能减轻小麦冻害,降低死苗

率,保证小麦安全越冬及促进小麦根系发育;在小麦生育后期,耕层土壤的降温效应,有利于防御干热风对小麦的危害,也有利于后茬作物夏玉米苗期的生长发育^[42]。

2.3 保护性耕作对土壤水分的影响

保护性耕作有利于提高土壤含水量和水分利用率^[43-44]。免耕比传统耕作可增加土壤蓄水量 10%,减少土壤蒸发约 40%,耗水量减少 15%,水分利用效率提高 10%^[45]。采用小麦秸秆全程覆盖耕作技术,可以使自然降水的蓄水率由传统耕作法的 25%~35%,提高到 50%~65%^[46]。免耕秸秆覆盖可显著提高 0~50 cm 土层水分,其中免耕在 0~20 cm 土层平均土壤体积含水量最高值分别比少耕和传统耕作高 3%~10%,尤其是可提高作物播种期表层土壤含水量^[47]。免耕土壤水分状况较好,主要原因是免耕土壤孔隙发生变化,减少了土壤的蒸发^[48]。免耕覆盖秸秆后改变了土壤的理化性质,土壤具有良好的孔隙状况,增加入渗量,提高土壤含水量,增加水分储存,覆盖秸秆又抑制了蒸发,麦田夏闲期秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率为 63.2%,春玉米田冬闲期秸秆覆盖对土壤蒸发的抑制率为 47.6%,冬小麦生育期间秸秆覆盖对越冬至拔节期间蒸散量的抑制率为 21.5%^[49]。表明覆盖秸秆免耕具有良好的保水效果^[50-54]。

2.4 保护性耕作对土壤养分的影响

土壤养分是土壤提供的植物生活所必需的营养元素,土壤养分含量是评价土壤自然肥力的重要因素之一,对作物的生长发育有重要影响^[55]。保护性耕作能够提高土壤肥力^[56-57]。免耕 3 年后,土壤表层与耕翻相比,全氮、有机磷分别提高 14.57%、13.86%^[58]。秸秆覆盖还田后,在雨水和土壤微生物的作用下进入土壤,能增加氮、磷、特别是可溶性钾的含量,并且促进土壤有机质的形成^[59]。免耕和秸秆覆盖条件下土壤有机质、碱解氮、速效钾、速效磷有明显的表层富集现象^[60-61],土壤表层的氮、磷、钾含量提高,土壤有机碳显著提高,下层土壤变化不大^[62]。免耕覆盖处理对提高土壤有机质、碱解氮、速效磷养分含量效果最佳,秸秆还田处理次之,但均高于对照翻耕处理^[63]。秸秆连续还田 3 年,土壤的中活性有机质、活性有机质、总有机质平均含量较试验初期分别增加了 2.5 倍、2.7 倍、1.4 倍^[64]。秸秆覆盖不仅能直接补充土壤部分氮素,并可以促进固氮微生物的固氮作用及豆科作物的共生固氮,增加土壤中的氮素含量^[31]。秸秆还田对土壤中锰、锌等微量元素的含量及有效性也都有提高作用^[65-66]。

2.5 保护性耕作对作物生长发育的影响

保护性耕作能提高表层土壤含水量,提高土壤肥力,有利于作物的生长发育^[67-68]。采用保护性耕作方式种植的小麦,单株分蘖能力强,生育后期叶面积系数较高,干物质生产能力较强,单位面积穗数显著高于传统旋耕^[69]。保护性耕作处理的水稻干物质积累、叶面积指数、叶片比叶重均明显高于空闲对照;水稻根系活力较高、灌浆中后期叶绿素含量下降缓慢,有效延缓了叶片衰老,并提高了籽粒灌浆速率^[70]。在水稻生长前期,免耕处理比常规耕作处理茎蘖数多,分蘖早、数量多,够苗早;免耕水稻的株高(至少在营养生长期)比常规耕作水稻的高、营养生长比常规耕作水稻旺盛,为水稻孕穗打下了良好基础;免耕水稻光合能力强,光合产物比常规耕作水稻的多,干物质积累总量也比常规耕作水稻的多^[71]。

秸秆还田对作物生长发育的影响有“先抑后扬”的趋势。李新举等研究认为小麦播种时秸秆还田,分蘖期容易表现出分蘖数少,麦苗瘦弱,甚至“黄苗”等缺肥现象;随着秸秆的腐解,后期土壤中矿质养分得到补充,麦苗的生长恢复正常^[27]。夏炎在稻麦秸秆持续还田的定位试验中也得出相同的结果,当季水稻秸秆还田小麦的基本苗略有降低,后期对小麦分蘖有较大的促进作用,最终保证小麦成熟期有足够的穗数;麦秸还田在秧苗分蘖初期,对水稻分蘖有短暂的抑制作用,抑制作用随着还田季数的增加而降低,分蘖后期秸秆还田可以增强水稻的保分蘖能力,保证成熟期具有足够的穗数而达到高产^[72]。

研究发现,免耕秸秆覆盖后由于土壤温度降低,影响玉米的正常生育进程,表现出苗较迟、出苗率低、植株生长发育缓慢、生育期延长^[73]。由于免耕土壤具有较高的机械阻力及通气不良,影响作物根系的生长而限制了作物对养分和水分的吸收,导致作物苗期生长弱,最终导致减产^[74-75]。

2.6 保护性耕作对作物产量的影响

保护性耕作对作物产量的影响,国内外学者进行了较多研究,但结果并不一致^[76],大部分研究认为秸秆还田可以提高作物产量^[77-79]。周兴祥等研究表明,保护性耕作体系可以提高小麦、玉米的产量,其中小麦产量平均提高 7.2%,玉米提高 11.9%^[80]。秸秆覆盖免耕对冬小麦有明显的增产作用,秸秆覆盖下冬小麦产量比不盖秸秆提高约 9.2%~17.9%^[42]。李孝勇等连续 4 年调查发现,稻秸秆还田处理的油菜、水稻平均产量分别增长为 8.56%~10.64%、6.89%~7.85%,油菜、麦秸草还田处理的油菜增产率分别为 4.86%、2.78%,水稻增产率分别为 5.67%、5.00%^[81]。秸秆还田也有减产的报道,减产原因可能是秸秆单独还田导致土壤碳氮比失衡^[82],耕作方式不当、播种质量差等导致出苗质量下降^[83]。王云超等在张家口坝上地区的研究表明,苜蓿免耕后生物产量比翻耕减产 36.11%,籽粒产量比翻耕减产 36.30%^[84]。张保民等研究认为,大豆前茬小麦免耕比耕作减产 59.6 kg/hm²,但差异不显著^[85]。贾树龙等在河北低平原的壤质潮土上研究表明,连续少耕和免耕处理的前 3 年对作物产量没有影响,3 年后小麦产量显著降低,最大降幅达到 31.83%,而连续免耕对玉米产量没有明显影响^[86]。综上所述,保护性耕作在不同生态条件下对作物产量的影响有待于进一步研究,以确定在不同的生态类型条件下应用何种保护性耕作技术。

3 保护性耕作存在的问题与发展建议

经过 70 余年的发展,保护性耕作技术由粗糙变精细,面积也由小变大,美国、澳大利亚等保护性耕作发展较早的国家应用面积已达到总耕地面积的 60% 以上^[87]。至 2012 年,我国保护性耕作也超过 667 万 hm²。但是保护性耕作在推广应用过程中还存在一些问题。(1) 缺乏与不同作物相配套的保护性耕作机具。已有的机具性能不尽完善,在实际操作过程中容易出现堵塞、种子漏播、播种精度不高等现象,播种质量不能保证,影响作物的出苗,从而影响产量和经济效益,为保证保护性耕作技术效果的发挥,必须研发配套的保护性耕作专用机具。(2) 适应不同生态区域的保护性耕作技术规程缺乏。我国幅员辽阔,各地区自然条件、经济水平差异较大,形成农业生产形式、耕作制度等的多样化特征。有些地区免耕

推广面积虽然较大,保护性耕作技术也比较成熟,但适宜区域并不十分明确;大部分地区仍然缺乏相对应的技术规程^[1]。应根据不同地域条件和实际情况,研究相应保护性耕作技术,建立相应的技术规程^[86]。(3) 保护性耕作配套的技术问题有待解决。低温冷害、肥料施用、覆盖作物残茬引起的病虫害草害变化、大量使用除草剂和农药造成的环境污染、土壤表面处理技术及与其他农艺技术措施综合配套等问题都亟待解决^[2]。创新适应不同生态类型地区、不同作物的保护性耕作技术模式,研发保护性耕作病虫害防治方法和配套机具等,是解决我国保护性耕作技术示范推广中的关键问题,也是保障保护性耕作技术广泛应用的一项重要举措^[8]。

参考文献:

- [1] 路明. 现代生态农业[M]. 北京:中国农业出版社,2002:32.
- [2] 张海林,高旺盛,陈阜,等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报,2005,10(1):16-20.
- [3] 金亚征,丁丽梅,王兴月. 保护性耕作研究进展与评述[J]. 河北北方学院学报:自然科学版,2010,26(1):24-28,34.
- [4] 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):463-465,478.
- [5] 涂建平,徐雪红,夏忠义. 南方农业保护性耕作的进展[J]. 农机化研究,2004(2):30-31.
- [6] 王长生,王遵义,苏成贵,等. 保护性耕作技术的发展现状[J]. 农业机械学报,2004,35(1):167-169.
- [7] 李安宁,范学民,吴传云,等. 保护性耕作现状及发展趋势[J]. 农业机械学报,2006,37(10):177-180,111.
- [8] 王小彬,蔡典雄,张镜清,等. 旱地玉米秸秆还田对土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学,2000,33(4):54-61.
- [9] 王延好,张肇颢. 保护性耕作在加拿大的研究及现状[J]. 新疆农机化,2004,10(6):18-19.
- [10] 刘芳,雷海霞,王英,等. 我国免耕技术的发展及应用[J]. 湖北农业科学,2010,49(10):2557-2562.
- [11] 高焕文. 保护性耕作技术与机具[M]. 北京:化学工业出版社,2004:25-28.
- [12] 张飞,赵明,张宾. 我国北方保护性耕作发展中的问题[J]. 中国农业科技导报,2004,6(3):36-39.
- [13] 罗永藩. 我国少耕与免耕技术推广应用情况与发展前景[J]. 耕作与栽培,1991(2):1-7.
- [14] 马俊贵. 保护性耕作技术简介[J]. 新疆农机化,2004(4):19-20.
- [15] 冯璐,张焱,陶大云. 保护性农业的概念演绎与发展演变[J]. 生态经济,2011(10):106-109.
- [16] 郭晓霞,刘景辉,田露,等. 免耕轮作对内蒙古地区农田贮水特性和作物产量的影响[J]. 作物学报,2012,38(8):1504-1512.
- [17] 李德成, Velde B, Delerue J F, 等. 免耕制度下耕作土壤结构演化的数字图像分析[J]. 土壤学报,2002,39(2):214-220.
- [18] Unger P W. Organic matter, nutrient and pH distribution in no and conventional tillage semiarid soil[J]. Agron, 1991, 83(1):186-189.
- [19] Blevins R L, Thomas G W, Smith M S, et al. Changes in soil properties after 10 year's continuous non-tilled and conventionally tilled com[J]. Soil and Tillage Research, 1983, 3(2):135-146.
- [20] Kushwaha C P. Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dry land

- agro - ecosystem[J]. Applied Soil Ecology, 2001, 16: 229 - 241.
- [21] 张 鹏, 贾志宽, 王 维, 等. 秸秆还田对宁南半干旱地区土壤团聚体特征的影响[J]. 中国农业科学, 2012, 45(8): 1513 - 1520.
- [22] 杜章留, 高伟达, 陈素英, 等. 保护性耕作对太行山前平原土壤质量的影响[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(5): 1134 - 1142.
- [23] 徐国伟, 常二华, 蔡 建. 秸秆还田的效应及影响因素[J]. 耕作与栽培, 2005(1): 6 - 9.
- [24] 王振忠, 董百舒, 吴敬民. 太湖稻麦地区秸秆还田增产及培肥效果[J]. 安徽农业科学, 2002, 30(2): 269 - 271, 274.
- [25] 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.
- [26] 吴 婕, 朱钟麟, 郑家国, 等. 秸秆覆盖还田对土壤理化性质及作物产量的影响[J]. 西南农业学报, 2006, 19(2): 192 - 195.
- [27] 李新举, 张志国, 李贻学. 土壤深度对还田秸秆腐解速度的影响[J]. 土壤学报, 2001, 38(1): 135 - 138.
- [28] 赵 红, 吕贻忠. 保护性耕作对潮土结构特性的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(5): 1956 - 1960.
- [29] 王 芸, 韩 宾, 史忠强, 等. 保护性耕作对土壤微生物特性及酶活性的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 120 - 122, 142.
- [30] 李 红, 周连第, 张有山, 等. 秸秆还田对土壤蓄水保肥及作物产量的影响[J]. 中国农村水利水电, 2002(1): 36 - 38.
- [31] 孙海国, 雷浣群. 植物残体对土壤结构性状的影响[J]. 生态农业研究, 1998, 6(3): 41 - 44.
- [32] 王 筋, 王树楼, 丁玉川, 等. 旱地玉米免耕整秆覆盖土壤养分、结构和生物研究[J]. 山西农业科学, 1994, 22(3): 17 - 19.
- [33] 吴敬民, 许文元, 董百舒, 等. 秸秆还田效果及其在土壤培肥中的地位[J]. 土壤通报, 1991, 25(5): 211 - 215.
- [34] 陈学文, 张晓平, 梁爱珍, 等. 耕作方式对黑土硬度和容重的影响[J]. 应用生态学报, 2012, 23(2): 439 - 444.
- [35] 李 昱, 李问盈. 冷凉风沙区机械化保护性耕作技术体系试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(3): 16 - 20.
- [36] 林蔚刚, 吴俊江, 刘丽君, 等. 保护性耕作对土壤部分物理特性及大豆产量的影响[J]. 大豆科学, 2010, 29(2): 238 - 243.
- [37] Domzal H, Slowinska J A. Effects of tillage and weather conditions on structure and Physical properties of soil and yield of winter wheat[J]. Soil and Tillage Research, 1987(10): 225 - 241.
- [38] 王育红, 蔡典雄, 姚宇卿, 等. 豫西旱坡地长期定位保护性耕作研究——I. 连年免耕和深松覆盖对冬小麦生育及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(5): 47 - 51.
- [39] 王志民, 薛国祥, 陈 岗, 等. 长期定位试验免耕覆盖对稻田土壤性状及作物产量的影响研究[J]. 西昌学院学报: 自然科学版, 2010, 24(1): 1 - 4.
- [40] 姚宝林, 施炯林. 秸秆覆盖免耕条件下土壤温度动态变化研究[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(3): 1128 - 1129, 1132.
- [41] 王宏立, 张祖立, 张 伟. 不同耕作方式对寒地旱作区土壤温度的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(1): 44 - 47.
- [42] 周凌云, 周刘宗, 徐梦雄. 农田秸秆覆盖节水效应研究[J]. 生态农业研究, 1996, 4(3): 51 - 54.
- [43] 张亚丽, 吕家珑, 金继运, 等. 施肥和秸秆还田对土壤肥力质量及春小麦品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(2): 307 - 314.
- [44] 刘鹏涛, 冯佰利, 慕 芳, 等. 保护性耕作对黄土高原春玉米田土壤理化特性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 171 - 175.
- [45] 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.
- [46] 李立科. 小麦留茬少耕秸秆全程覆盖新技术[J]. 陕西农业科学, 1999(4): 41 - 42, 48.
- [47] 刘 爽, 张兴义. 保护性耕作对黑土农田土壤水热及作物产量的影响[J]. 大豆科学, 2011, 30(1): 56 - 61.
- [48] Dao T H. tillage and winter wheat residue management effects of water infiltration and storage[J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 57: 1586 - 1595.
- [49] 赵聚宝. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 福建农业科技, 1997, 29(1): 10.
- [50] Mwendera E J, Feyen J. Effects of tillage and evaporative demand on the drying characteristics of a silt loam: an experimental study[J]. Soil and Tillage Research, 1994, 32(1): 61 - 69.
- [51] Robert C. What is ecological economy? [J]. Ecological Economics, 1989(1): 7 - 13.
- [52] Logsdon S D, Jordahl J L, Karlen D L. Tillage and crop effects on ponder and tension infiltration rates[J]. Soil and Tillage Research, 1993, 28: 179 - 189.
- [53] Jalota, K S, Phihar S S. Bare - soil evaporation in relation to tillage [M]. New York: spring - Verlag New York Inc, 1990: 364.
- [54] Bruce R R. Tillage and crop rotation effect on characteristics of sands surface soil [J]. Soil Science Society of America Journal, 1990, 54(6): 1744 - 1747.
- [55] 康 轩, 黄 景, 吕巨智, 等. 保护性耕作对土壤养分及有机碳库的影响[J]. 生态环境学报, 2009, 18(6): 2339 - 2343.
- [56] 彭春瑞, 陈先茂, 钱银飞. 秸秆覆盖对红壤旱地作物生长及土壤质量的影响[J]. 中国农业气象, 2011, 32(增刊1): 51 - 54.
- [57] 郑家国, 谢红梅, 姜心禄, 等. 南方丘陵区两熟制稻田保护性耕作的稻田生态效应[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(4): 294 - 297.
- [58] 刘鹏程, 丘华昌. 稻草覆盖还田培肥地力的试验研究[J]. 土壤肥料, 1993(3): 35 - 37.
- [59] 袁家富. 麦田秸秆覆盖效应及增产作用[J]. 生态农业研究, 1996, 4(3): 63 - 67.
- [60] 雷金银, 吴发启, 王 健, 等. 毛乌素沙地南缘保护性耕作对土壤化学性质的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 1 - 7.
- [61] Balesdent J. Effects of tillage on soil organic Carbon mineralization estimated from ^{13}C abundance in maize fields[J]. J Soil Sci, 1990, 41(4): 587 - 598.
- [62] Staley T E. Soil microbial biomass and organic component alteration in a no - tillage chrono sequence[J]. Soil Science Society of America Journal, 1988, 52(4): 998 - 1005.
- [63] 马 林, 孟凡德, 石书兵, 等. 不同耕作方式下土壤肥力的动态变化[J]. 甘肃农业大学学报, 2008, 43(2): 100 - 104.
- [64] 张永春, 汪吉东, 聂国书, 等. 不同量秸秆机械化还田对稻麦产量及土壤碳活性的影响[J]. 江苏农业学报, 2008, 24(6): 833 - 838.
- [65] 郑家国, 谢红梅, 姜心禄, 等. 南方丘陵区两熟制稻田保护性耕作的稻田生态效应[J]. 农业现代化研究, 2005, 26(4): 294 - 297.
- [66] 林荣新, 杨玉爱, 何念祖, 等. 有机肥料防治油菜缺硼效果的研究[J]. 浙江农业科学, 1985(2): 88 - 92.
- [67] 籍增顺, 刘虎林, 洛希图, 等. 免耕覆盖对旱地玉米生长发育的影响[J]. 山西农业科学, 1994, 22(3): 22 - 27.
- [68] Swan J B, Schneider E C, Moncrief J F, et al. Estimating corn growth. Yield and grain moisture from air growing degree days and residue cover[J]. Agronomy Journal, 1987(79): 53 - 60.
- [69] 司纪升, 王法宏, 李升东, 等. 旱地保护性耕作对土壤理化性状和冬小麦生理特性的影响[J]. 山东农业科学, 2008(7): 9 - 12.

郭瑾,薛永来,杜道林. 植物激素调控拟南芥根系发育的研究进展[J]. 江苏农业科学,2014,42(5):7-10

植物激素调控拟南芥根系发育的研究进展

郭瑾¹,薛永来^{1,2},杜道林^{1,2}

(1. 江苏大学环境与安全工程学院,江苏镇江 212013; 2. 江苏大学农业工程研究院,江苏镇江 212013)

摘要:植物激素在拟南芥的根系发育过程中起着非常重要的作用,近年来关于植物激素对拟南芥根系发育调控机理的研究越来越多,且大量研究表明,在拟南芥根系的发育过程中,激素作为重要的信号分子参与了调控。本文主要介绍了生长素、细胞分裂素、乙烯、脱落酸、赤霉素对拟南芥根系生长发育调控作用的研究进展,并对拟南芥根系发育的研究前景提出展望。

关键词:植物激素;拟南芥;根系发育

中图分类号: Q946.885 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2014)05-0007-04

植物激素(phytohormone)是在植物特定的组织内合成,而以极低的浓度在其他组织中发挥作用的活性物质,它通过与特定蛋白受体的相互作用来调节其他细胞的生理过程。主要的植物激素有五大类,分别是生长素、细胞分裂素、乙烯、脱落酸、赤霉素,它们都参与调控植物的生长发育^[1-5]。根系作为植物体的重要组成部分,其主要功能是从土壤中获取养分和水分,并合成氨基酸等含氮有机化合物、激素以及其他有机养分,同时也能起到固定植株的作用,因此根系的生长情况与活力会直接影响整个植株的生长发育和营养状况。

拟南芥(*Arabidopsis thaliana*)是十字花科(Cruciferae)拟南芥属(*Arabidopsis*)植物,因其具有基因组简单、突变体众多、生长发育指标全面等特点,长期以来一直被用作植物生物学研究的模式材料,在科学研究中具有重要作用。同时,关于拟南芥根系发育的激素调控机制的研究对于其他植物根系发育的研究有非常重要的借鉴意义。

1 生长素对拟南芥根系发育的影响

生长素(auxin)是植物中研究最早的促进生长的激素,主要以吲哚-3-乙酸(indole-3-acetic acid, IAA)的形式存在。生长素参与调控植物主根的生长,能促进侧根、不定根及根毛的形成,并且能够诱导维管分化,对植物生长发育的各方面起着重要的作用。研究表明,外源添加较低浓度的生长素时,可以促进根的生长;但是当生长素的浓度超过一定量的时候,就会抑制主根延伸。高浓度的生长素可以刺激侧根和不定根发生,这是由于中柱鞘细胞的分裂过程需要根的维管薄

收稿日期:2013-09-12

基金项目:国家自然科学基金(编号:30970556、31170386);江苏省高校自然科学基金(编号:11KJB610001)。

作者简介:郭瑾(1988—),女,山西长治人,硕士研究生,主要从事植物生理学方面的研究。E-mail: guojin652653@163.com。

通信作者:杜道林,博士,教授,主要从事环境生态方面的研究。E-mail: ddl@ujs.edu.cn。

[70]彭建,卢建文,王丹英,等. 冬季保护性耕作对后茬水稻产量和品质的影响[J]. 江苏农业学报,2009,25(5):952-957.

[71]黄小洋,黄国勤,余冬晖,等. 免耕栽培对晚稻群体质量及产量的影响[J]. 江西农业学报,2004,16(3):1-4.

[72]夏炎. 高产稻麦两熟制条件下秸秆还田效应的研究[D]. 扬州:扬州大学,2010.

[73]丁玉川,王树楼,王笛. 免耕整秸秆半覆盖对旱地玉米生长发育及产量的影响[J]. 玉米科学,1994,2(1):28-31,63.

[74]Cornish P S, Lymbery J R. Reduced early growth of direct drilled wheat in southern New South Wales: causes and consequences[J]. Aust J Exp Agric, 1987, 27: 869-880.

[75]Oussible M, Crookston R K, Larson W E. Subsurface compaction reduces the root and shoot growth and grain yield of wheat[J]. Agronomy Journal, 1992, 84: 34-38.

[76]谭德水,金继运,黄绍文. 长期施钾与秸秆还田对西北地区不同种植制度下作物产量及土壤钾素的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2008,14(5):886-893.

[77]王麒. 不同抗早栽培技术模式对玉米生育性状及产量的影响[J]. 黑龙江农业科学,2012(6):24-26.

[78]赵鹏,陈阜. 豫北秸秆还田配施氮肥对冬小麦氮利用及土壤硝

态氮的短期效应[J]. 中国农业大学学报,2008,13(4):19-23.

[79]劳秀荣,孙伟红,王真,等. 秸秆还田与化肥配合施用对土壤肥力的影响[J]. 土壤学报,2003,40(4):618-623.

[80]周兴祥,高焕文,刘晓峰. 华北平原一年两熟保护性耕作体系试验研究[J]. 农业工程学报,2001,17(6):81-84.

[81]李孝男,武际,朱宏斌,等. 秸秆还田对作物产量及土壤养分的影响[J]. 安徽农业科学,2003,31(5):870-871.

[82]刘巽浩,高旺盛,朱文珊. 秸秆还田的机理与技术模式[M]. 北京:中国农业出版社,2001:14-15.

[83]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):463-465,478.

[84]王云超. 河北坝上农牧交错区不同下垫面土壤风蚀监测及研究[D]. 保定:河北农业大学,2006:27-28.

[85]张保民,徐晓丽,王锋,等. 前茬小麦免耕和耕作对夏大豆田土壤含水量和产量的影响[J]. 大豆科学,2010,29(6):967-970.

[86]贾树龙,孟春香,任图生,等. 耕作及残茬管理对作物产量及土壤性状的影响[J]. 河北农业科学,2004,12(4):37-42.

[87]常春丽,刘丽平,张立峰,等. 保护性耕作的发展研究现状及评述[J]. 中国农学通报,2008,24(2):167-172.