

保护性耕作技术研究进展与展望

谢红梅 (重庆工商大学环境与生物工程学院, 重庆 400067)

摘要 阐述了保护性耕作技术的概念及其提高经济、生态和社会效益的机理, 综述了国内外保护性耕作技术的研究进展及现状, 并针对目前存在问题预测了保护性耕作技术的发展趋势, 旨在提高耕地的综合生产能力, 促进我国农业的可持续发展。

关键词 保护性耕作技术; 秸秆还田; 培肥地力; 土壤储水量; 增产

中图分类号 F301.21 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2009)05-01965-03

Research Progress on Conservation Tillage Technique

XIE Hongmei (College of Environmental and Biological Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067)

Abstract Research progress on conservation tillage technique and its status were summarized in the paper. The concept and scientific mechanism of conservation tillage technique were expounded. Meanwhile, the development trend of technique was forecasted in this study to raise productivity and promote agriculture sustainable development.

Key words Conservation tillage technique; Straw returning; Culture fertility; Soil water storage; Yield increase

传统农业具有精耕细作的显著特点, 其主要目的是为种子发芽提供适宜种床和控制病虫害^[1-2]。然而传统耕作带来的水土流失、土壤板结、风蚀沙化及植被破坏等生态环境问题已引起全球关注^[3-4], 同时农业有机废弃物秸秆野外焚烧造成空气可见度降低, 高速公路交通事故频繁发生等, 已对生态环境构成严重威胁。作物残茬覆盖已成为耕作和焚烧矛盾的焦点, 如何最经济有效的达到二者统一已成当务之急。以保护环境和促进农业可持续发展的保护性耕作已受到各级政府和相关部门的高度关注。

1 保护性耕作技术概念

保护性耕作技术在国际上尚无统一定义, 国外通常以秸秆残茬覆盖度为标准, 指在一季作物之后地表留茬覆盖 > 30% 为保护性耕作^[5-6], 如覆盖起垄、覆盖带状耕作及覆盖免耕等; 而秸秆残茬覆盖度在 15% ~ 30% 的耕作方式, 不属于保护性耕作。该定义在生产上的应用具有可操作性。国内学者张海林等认为保护性耕作是指通过地表覆盖及少耕、免耕、地表微地形改造技术和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^[7]。

目前众多学者对保护性耕作达成的共识是, 保护性耕作 (Conservation tillage) 是对农田实行少耕、免耕, 尽可能减少土壤耕作(只要能保证种子发芽即可), 并用作物秸秆、残茬覆盖地表, 用化学药物来控制作物杂草和病虫害, 从而减少土壤风蚀、水蚀, 提高土壤肥力和抗旱能力的一项先进农业耕作技术^[8]。保护性耕作的前身叫免耕法。

2 保护性耕作提高经济、生态和社会效益的机理

保护性耕作改变了对土壤的过度加工, 即把传统的精耕细作变为少耕或免耕, 尽量减少对土壤的扰动; 同时采用秸秆、残茬或其他植被覆盖地表, 以减少雨水和风对土壤的侵蚀, 减少蒸发, 达到保土、保水、增肥、改善土壤结构的目的, 从而实现节本增效和生态环境保护, 达到农业可持续发展和保护环境的双重功效^[9]。

保护性耕作主要科学机理有以下几方面: 改变铧式犁翻耕土壤的传统耕作方式, 实行免耕或少耕。免耕就是除播种外不进行任何操作。少耕包括深松与表土耕作, 基本上不破坏土壤结构和植被, 可提高土壤天然降雨入渗率, 减少地表径流, 增加土壤含水量并提高土壤储水量^[10-12]。秸秆、残茬覆盖地表, 能够改善土壤团粒结构, 团粒结构好的土壤可以蓄存大量的毛管水, 使田间持水能力提高, 这是发挥土壤水库的关键, 并且对水的调节能力增强。水沿毛细管移动, 作物需要的多, 水分上移的快, 作物需要的少, 水上移的就慢, 因而可提高天然降雨利用率和水分利用效率。同时减少土壤风蚀、水蚀和无效蒸发^[13-16]。

一方面作物残茬为土壤生物区系提供了食物来源和适宜的生长场所, 另一方面土壤生物极大的改善了土壤物理结构和化学性质^[17-18]。保护性耕作土壤肥沃, 有机质提高, 养分含量增加, 其养分供应及时且持久, 加上土壤结构的改善, 协调了土壤水、肥、气、热, 为作物高产奠定了基础, 同时保护了农村生态环境, 促进了农业可持续发展。与此同时, 免耕播种简化了工序, 操作简单易行, 农民乐于接受, 且秸秆覆盖能够有效抑制杂草生长, 从而降低成本, 具有显著的经济功效^[12]。

保护性耕作是否增产仍然存在较大争议。一般认为增产的机理在于, 当作物生长受到干旱胁迫时, 由于作物残茬覆盖土壤保水能力增强, 这时作物相应增产^[19-20]。事实上在短期及正常气候年度作物增产效果并不显著。尽管作物残茬覆盖对种子落地生长和病虫害的负面影响还有争议, 但作物残茬覆盖可调节土温, 起缓冲作用。此外, 作物残茬的腐烂分解能够保持耕地质量不下降也是作物增产的一个间接原因。

3 国内外研究进展

3.1 国外研究进展

3.1.1 保护性耕作技术的起源及发展。保护性耕作技术起源于美国^[12], 其初衷是防止土壤沙漠化。它不仅能够有效遏制沙尘暴, 还可以减少径流、减少蒸发, 有效提高作物产量。由于其先进的技术和正确的指导思想, 该项技术在美国得到长足发展^[21]。

进入 20 世纪 50 年代, 加拿大、前苏联也相继开始对保护

基金项目 四川省应用基础研究计划项目与校青年基金项目资助。

作者简介 谢红梅 (1977 -), 女, 四川广安人, 硕士, 助理研究员, 从事农业生态、环境化学研究。

收稿日期 2008-12-01

性耕作的试验研究,并根据本国的实际情况进行了不断探索和改进。20世纪70年代,澳大利亚政府引进了该项技术,并在全国各地建立了大批保护性耕作试验站,并吸收农学、水土、农机专家参加试验研究。另外,墨西哥、以色列、印度、埃及和巴基斯坦都在开展保护性耕作试验研究。

保护性耕作在农业机械化实现较早的西方国家率先应用和推广的目的是保护环境、降低劳动强度和增加农业收入等。保护性耕作在美国、加拿大、澳大利亚等农业发达国家已经成为基本的农业耕作措施和制度。1995年统计,全美 $1.13 \times 10^8 \text{ hm}^2$ 粮田面积中保护性耕作和少耕已占60%以上,90%的土地已取消铧式犁耕作。澳大利亚也于70年代试验成功并进一步推广保护性耕作。英国的玉米栽培已有一半面积采用几年不翻的免耕法。加拿大为了保证免耕法的实施,制定了废除铧式犁的法律,日本、伊朗、菲律宾等国家也以立法的形式推广免耕法。

3.1.2 保护性耕作技术对生态环境及产量的影响。国外长期研究证明,利用作物残茬覆盖和减少耕作是控制水土流失的2项最有效措施,利于减少蒸发,增加土壤有效持水量。保护性耕作由于改变了地面粗糙度,有效的减少了地表径流和控制土壤侵蚀^[22]。内布拉斯加试验指出在作物生育期降水321 mm时,覆盖免耕地的径流为0 mm,蒸发损失为182 mm,而传统耕作分别为600和254 mm。

保护性耕作对土壤物理结构和化学性质的影响表明,作物残茬为土壤生物区系提供了食物来源和适宜的生长场所,增强了土壤生物的活性,从而改善了土壤物理结构和化学性质^[17-18]。保护性耕作能显著提高表层土(0~5 cm)有机质含量,土壤pH值和紧实度降低,土壤导电率增加。随着土层变深,效果愈不明显^[22]。Angers的研究表明,免耕与其他耕作方式对0~60 cm土层全碳与全氮的含量影响无明显差异,但0~10 cm免耕的全碳与全氮含量较高,而作物残茬的处置将是影响土壤全碳与全氮含量的重要因子^[23]。传统耕作减少了土壤物理退化,而免耕虽然土壤紧实度高,但土壤化学退化低,免耕土壤有机质和全氮含量较高^[24]。经长达8年的定位试验研究表明,翻耕除外,犁耕与免耕方式条件下残余物施用数量与土壤有机碳(SOC)含量在一定范围内存在正线性相关性。而残余物转化成有机碳的转化率以免耕居高。此外,免耕并未提高土壤的水稳性团聚体含量,但残茬数量却与土壤的水持力呈显著正相关^[25]。保护性耕作是处理作物残茬、恢复退化土壤及其增强土壤碳汇功能的重要途径^[24,26]。

保护性耕作对产量的影响尚有争议,当作物生长受到干旱胁迫时,由于作物残茬覆盖土壤保水能力增强,这时作物相应增产^[19-20]。由于有效水分的不同,德克萨斯州连续5年试验保护性耕作产量 3.44 t/hm^2 ,而传统耕作为 2.56 t/hm^2 。昆士兰试验站15年对比试验表明,覆盖耕作(松耕、表土耕作、机械除草)和少耕(松耕、表土耕作、化学除草)、免耕(免耕、化学除草)的小麦和高粱平均产量分别为 3.32 、 3.46 和 3.64 t/hm^2 ,而传统耕作平均产量仅为 2.44 t/hm^2 ,增产原因主要是土壤含水量增加,土壤结构与土壤肥力明显改善。由于作物残茬覆盖改善了土壤供水能力,1年生作物(玉

米和高粱)的产量显著增加。与对照相比,经过4年的定位试验后,其产量增产14%~81%^[27]。

事实上在短期及正常气候年份作物增产效果并不显著,但作物残茬覆盖可调节土温起缓冲作用。此外,作物残茬的腐烂分解能够保持耕地质量不下降也是作物增产的一个间接原因。Barber等却认为土壤紧实是导致作物减产的重要原因^[28]。作物残茬覆盖对种子落地生长和病虫害的负面影响有极大的争议,作物残茬覆盖可能会增加病虫害及其天敌,通过雨水冲刷可减少作物病虫害的传递^[29-30]。Surz认为保护性耕作由于残茬的存在,虽然促使5~15 cm土层微生物数量增加,相应导致病原体的大量存活。但这部分病原体仍只土壤微生物群落的一部分,较高的土壤微生物活性由于竞争限制了病原体的大量繁殖^[31]。

3.2 国内研究进展

3.2.1 我国保护性耕作技术引进及发展。我国自20世纪70年代初开始引进研究保护性耕作技术。近几年在山西、河北等一年一熟地区的研究也开始有所成果^[32]。其间中国农业大学在山西进行了10年的试验研究,并在山西省有了大规模的应用和发展,形成了一整套先进成熟的技术。在山西省开展的“旱地农业持续机械化生产体系研究”表明,机械化保护性耕作技术与传统技术相比,可降低地表径流60%,减少土壤流失80%,减少大风扬沙60%;该技术同时可以增加休闲期土壤蓄水量,提高水肥利用率,减少作业工序,增加作物产量^[33]。陕西也早在10年前开始研究保护性耕作技术,形成了一整套秸秆全程覆盖技术。1999年由农业部在北京主持召开的国际保护性耕作研讨会上,与会专家充分肯定了保护性耕作法的优越性及实施该办法的迫切性,并推荐引进澳大利亚保护机具。

3.2.2 我国保护性耕作技术研究概况。国内保护性耕作试验关于保护性耕作对土壤肥力、农作物生长效应等试验研究较多。李兴华等研究了不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响,结果表明,免耕水稻的分蘖数、有效穗和实粒数降低,产量及经济效益降低,土壤容重和硬度增大,孔隙度降低,而土壤细菌数量增加,酶活性增强^[34]。骆文光等研究了水稻采用垄作覆盖免耕免灌技术,土壤腐殖质含量,特别是土壤松腐殖质相对含量增加,这能够改善土壤结构,提高天然降雨的利用率,达到较好的保持水土和经济效益^[35-39]。稻田免耕加上稻草还田后,可使水层氮素含量大幅度降低,肥效持久。孙海国等研究表明,随着土壤耕翻程度的降低,土壤养分含量逐渐增加。免耕表土(0~10 cm)有机质、全氮和速效磷的含量呈显著增加,其速效钾含量也明显高于其他耕作方式,土壤pH值的下降与有机质含量呈显著负相关。秸秆覆盖有利于表土养分的积累,但与其他秸秆还田方式(秸秆翻入土壤中)积累养分量的差异未达到显著水平^[40]。

保护性耕作农田地温及土壤含水率的影响表明,保护性耕作不同处理土层含水量增加,蓄水保水能力增强^[41-43]。严少华等研究了免耕对5种水稻土持水性能的影响。结果表明,免耕后黏粒含量高的水稻土,其土壤通气孔隙增加,而毛管孔隙减少,土壤持水性能改善,尤其在低吸力条件下效果明显^[44]。刘亚俊等研究表明,机械化保护性耕作能够在

播种期提高地温,有利于提高作物出苗率和促进根系发育,具有蓄水保墒的作用^[45]。

此外,孙海国等探讨了保护性耕作小麦—玉米农田生态系统的能流特点。结果表明,保护性耕作能够明显提高该农田生态系统的能量转化率,能量投产比间的差异显著,免耕增强了农田生态系统的有序性,从而提高了系统的相对生产力^[46]。

3.2.3 保护性耕作功效。我国保护性耕作研究主要集中在北方的旱地。机械化旱地保护性耕作基本上克服了传统机械化旱地耕作的缺点,有效地利用了自然降水、控制了水土流失、降低了作业成本,其优点在于:土壤有效含水量提高。保护性耕作使蓄水保墒能力增强,充分提高对自然降雨的利用率。1998年4月份对北方某示范区土壤含水量的测定表明,0~10、10~20、20~30和30~40 cm的土层含水量分别为16.07%、17.07%、14.20%和13.65%,与机械化旱作农业作业区含水量相比提高近2个百分点。土壤含水量的提高,能充分保证作物苗期的生长发育。土壤有机质含量显著增加。实施保护性耕作技术,秸秆粉碎覆盖还田能有效培肥地力,提高有机质含量。同时,由于取消了深耕翻地,也避免了降雨冲蚀和径流造成的养分损失,两种效果加在一起,使有机质含量年均增长0.093%~0.100%,土壤质量不断得到改善。作业成本明显下降。与传统耕作技术相比,保护性耕作法减少了机械镇压和负荷最大的深耕作业,而播种的负荷程度也有相应减轻,因此机械作业费用可降低50%,总生产成本减少25%^[7]。

保护性耕作技术在水稻土上也得到了研究与应用。南方水田少耕免耕的研究始于20世纪70年代末期至80年代初期,西南农业大学等单位针对西南地区冷浸田、烂泥田等冬水田存在的问题,变传统的平作为垄作,创造了把种植、养殖和培肥有机结合起来的一种水田半旱式少耕法,明显改善了此类冬水田土壤的理化性状,收到了增产增收的效果^[47]。近年来,不少地区农民已将小麦播种提早到水稻收割之前,水稻收割后,再行开沟覆土。

黄小洋等研究表明,免耕抛秧水稻产量提高,二化螟和稻纵卷叶螟数量比常耕处理分别低16%、94%^[48]。杨为芳研究表明,水稻免耕抛秧技术节本增效效果明显,平均增产198.9 kg/hm²,免耕稻比常耕稻节本增收525~825元/hm²。同时,免耕并未造成土壤、稻谷重金属超标,土壤、糠、米中未检测出草甘膦、克无踪等农药^[49]。郑家国等研究了在稻田保护性耕作技术体系下,秸秆还田种类、数量的稻田生态效应。结果表明,麦秸、油菜秸全量还田增产效果明显;秸秆还田节水效益不明显;秸秆还田能有效培肥土壤,土壤全氮、碳、速效养分及微量元素含量显著提高^[50]。

4 存在问题与展望

保护性耕作的有效年限是国际耕作研究会正在研究的重大课题。国内保护性耕作研究总的不足之处在于北方多、南方少;旱地多,稻田少;单项技术多,综合配套技术少。

当前,保护性耕作迫切需要解决的问题有以下几点:

由于农艺要求的复杂性和生产条件的多样性,加之秸秆还田造成机具在田间可操作性降低,因此要求研发因地制宜的保

护性耕作配套机具,对作物品种进行搭配与筛选。实施保护性耕作作物病虫害、草害的发生与防治,因其发生受气候等多因素影响,其控制与防治效果也受到影响。秸秆还田排放的温室气体对大气环境的影响及对农村生态环境的长期影响与机制尚不清楚,这将成为未来保护性耕作技术研究的难点与热点。这也是顺应当前我国把“发展循环经济、推进节约型社会发展”为主题的“十一五”发展规划的重要举措。加大技术推广力度。一些部门的不重视,加之本身技术样板示范性不够强等因素导致保护性耕作技术未能大面积推广。

参考文献

- [1] HOOGMED WB. Tillage for soil and water conservation in the semi arid tropics [C]. Topical Resource Management Papers No. 24., Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands, 1999.
- [2] KUPERS H. Agronomic aspects of ploughing and non-ploughing [J]. Sil Till Res, 1991, 21: 167 - 176.
- [3] 周广武, 魏庆仁. 建立新土壤耕作制度实现利用可持续发展 [J]. 农机化研究, 2004(1): 57 - 59.
- [4] 于立坚. 保护性耕作启示 [J]. 中国农机管理, 2003(12): 18 - 19.
- [5] ALLMARAS R, DOWDY R H. Conservation tillage systems and their adoption in the US [J]. Sil Till Res, 1985, 5: 197 - 222.
- [6] LAL R, ECKERT DJ, FAUSEY N R, et al. Conservation tillage in sustainable agriculture systems [M]. Iowa: Soil and Water Conservation Society, 1990: 203 - 225.
- [7] 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.
- [8] 许继光. 保护性耕作与保护性种植结构 [J]. 专访论坛, 2004(2): 5.
- [9] 吴崇友, 金诚谦, 魏佩敏, 等. 保护性耕作的本质与发展前景 [J]. 中国农机化, 2003(6): 8 - 11.
- [10] 曹连生. 保护性耕作增产机理 [J]. 农村牧区机械化, 2004(1): 7 - 9.
- [11] 肖兴宇, 杨柏青. 谈保护性耕作的现状及发展趋势 [J]. 农机使用与维修, 2004(1): 3.
- [12] 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.
- [13] FEATHERSTONE A M, FLETCHER J J, DALE R F, et al. Comparison of net returns under alternative tillage systems considering spatial weather variability [J]. Rod Agric, 1991, 4: 166 - 173.
- [14] DALRYMPLE A W, MILLER S D, FORNSTROM K J. Soil water conservation and winter wheat yield in three fallow systems [J]. Sil Water Conserv, 1992, 47: 53 - 57.
- [15] MOLDENHAUER W C, KEMPER W D, SCHERIZ D L, et al. Crop residue management for soil conservation and crop production [C] // NAHER T L, CAMBON S M, EL SWAIFY S A. Adopting conservation on the farm: An international perspective on the socioeconomics of soil and water conservation. SWCS, Ankeny, 1994: 37 - 46.
- [16] SHARRATT B S. Tillage and straw management for modifying physical properties of a subarctic soil [J]. Sil and Tillage Research, 1996, 38(3/4): 239 - 250.
- [17] MANDO A. The role of termites and mulch in the rehabilitation of crusted salinized soils [C]. Topical Resource Management Papers No. 16., Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands, 1997.
- [18] CARSKY J R, HAYASHI Y, TIAN G. Benefits of mulching in the subhumid savanna zone: research needs and technology targeting [C]. Draft Resource and Crop Management Research Monograph, IITA, Ibadan, Nigeria, 1998.
- [19] SHAXSON T F, HUDSON N W, SANDERS D W, et al. Land husbandry: A framework for soil and water conservation [M]. Iowa: Soil and Water Conservation Society, Ankeny, 1989.
- [20] LAL R. Conservation tillage for sustainable agriculture: tropic versus temperate environments [J]. Adv Agron, 1989, 42: 85 - 197.
- [21] 常旭虹. 保护性耕作技术的效益及应用前景分析 [J]. 耕作与栽培, 2004(1): 1 - 3.
- [22] BALDEV SINGH D S, CHANASYK W B. McGill residue and tillage management effects of soil properties of a typical cryobedrock under continuous barley [J]. Sil and Tillage Research, 1994, 32(2/3): 117 - 133.
- [23] ANGERS D A, BOJINDER M A, CARTER M R. Impact of tillage practices on organic carbon and nitrogen storage in cool, humid soils of eastern Canada [J]. Sil and Tillage Research, 1997, 41(3/4): 191 - 201.
- [24] KERN J S, JOHNSON M G. Conservation tillage impacts on national soil and atmospheric carbon levels [J]. Sil Sci Soc Am J, 1993, 5: 200 - 210.

2.3 不育胞质与可育胞质杂种 F₁ 代性状方差分析结果 方差分析结果表明,在固定模型中,可育细胞质与不育细胞质之间在辣味素性状上存在着极显著的差异;恢复系之间在固定模型中辣味素和纤维素上存在着显著或极显著的差异。细胞质与恢复系之间 Vc 的互作效应达到了极显著的水平,这表明细胞质之间存在着差异,不育细胞质的不利效应可以通过不育细胞质与恢复系之间的互作效应来降低。

表2 AF₁ 与 BF₁ 品质性状成对比较和细胞质效应分析结果

Table 2 The pairwise comparison of quality characters between AF₁ and BF₁ and the cytoplasm effect analysis results

类别 Sort	品系 Line	Vc mg/100g	干物质 g/kg Dry matter	还原糖 g/kg Reducing sugar	纤维素 g/kg Cellu- lose	辣味素 g/kg Capsa- icin	总糖 g/kg Total sugar
AF ₁	75A × R60	166.5	74.2	67.0	3.7	2.5	115.2
	75B × R60	89.1	70.2	68.7	3.5	2.2	108.6
	A - B	7.74*	4.0	-1.7	0.3	0.2	6.6
AF ₂	75A × R94	61.8	74.5	63.1	4.5	2.9	108.5
	75B × R94	187.2	81.6	68.2	4.5	2.4	117.9
	A - B	-12.54*	-7.1	-5.1	0	0.5*	-9.4
组合平均 Combina- tion average	X _A	114.2	74.4	65.1	4.1	5.3	111.9
	X _B	138.1	75.9	68.5	4.0	4.6	113.3
	D	-23.9	-1.5	-3.4	0.1	0.7	-1.4
D _m %		-4.75	-0.51	-1.27	0.84	3.73	-0.31

3 结论与讨论

(1) 该试验中所用的不育系经过十几代的连续回交,营养体表型性状已完全接近对应的转育亲本,可以认为,回交父本的细胞核基因已基本导入不育胞质中。该试验用不育系和保持系分别与恢复系配制成对杂交组合,排除了来自细胞核方面的干扰,从而可以认为,用相同细胞核背景的不育系和保持系所配成的同一对杂交组合所表现的差异来源于

细胞质的不同及核质间的互作。试验结果表明,金花萝卜不育细胞质除了 Vc 和辣味素外,其余农艺性状和品质性状均表现为负效应,可育细胞质与不育细胞质之间在辣味素性状上存在着极显著的差异。在萝卜上也应该合理利用不同类型的细胞质,防止单一细胞质来源的品种投放生产,由于品种遗传背景的狭窄,使某种病害产生新的生理小种而造成重大损失或某种不良环境造成严重减产。

(2) 以往对不育系的选育研究在不育性选择的前提下,一般只注重结实率高低及肉质根的表现等表型经济性状的选择,而忽略了对配制杂交组合所必须具备的配合力性状的选择。该试验所使用的不育系经多代的回交转育,除了个别性状外,所调查的品质性状都已接近转育亲本,但由于忽视了对细胞质效应的评价和选择,导致细胞质的负向效应改进不大,从而表现出两者在配合力上的极大差别,使不育系的利用受到制约。因此,今后不育系的选择在对其表现型性状进行选择的前提下,更应注重对配合力效应的评价与选择。

参考文献

- [1] 蔡善信. 水稻雄性不育系胞质效应的研究[J]. 华南农业大学学报, 1994, 15(1): 115-121.
- [2] 盛孝邦. 杂交水稻细胞质对农艺性状遗传效应的研究[J]. 中国水稻科学, 1987, 1(3): 155-170.
- [3] 王文明, 文宏灿, 袁国良, 等. 水稻雄性不育系胞质对杂交早稻产量性状的影响[J]. 四川农业大学学报, 1994, 12(3): 383-387.
- [4] 孙叶, 顾燕娟, 张宏根, 等. 水稻3种不育细胞质遗传效应的比较研究[J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2006(2): 1-4.
- [5] 鹿英杰. 大白菜细胞质雄性不育系细胞质效应研究[J]. 北方园艺, 2000(6): 1-3.
- [6] 李海平. 甘蓝型油菜波里马不育细胞质的遗传效应研究[J]. 作物研究, 2005(4): 221-222.
- [7] 董云松, 邱怀珊, 杨德, 等. 芥菜型油菜不育细胞质遗传效应研究[J]. 云南大学学报: 自然科学版, 1999(S3): 159-160.
- [8] 陈永德, 傅廷栋. 甘蓝型油菜雄性不育细胞质遗传效应的研究[J]. 中国油料作物学报, 1989(3): 7-12.
- [9] 王昌全, 魏成明, 李廷强, 等. 不同免耕方式对作物产量和土壤理化性状的影响[J]. 四川农业大学学报, 2001, 19(2): 152-154.
- [10] 谢德体, 魏朝富, 曾觉廷. 水田自然免耕土壤有机质变化特性研究[J]. 西南农业大学学报, 1991, 13(4): 434-437.
- [11] 施明得. 免耕稻田水层肥分动态分析[J]. 土壤肥料, 1994(1): 31-34.
- [12] 孙海国, LARNEY F J. 保护性耕作和植物残体对土壤养分状况的影响[J]. 生态农业研究, 1997, 5(1): 47-51.
- [13] 王作华, 郑会君. 保护性耕作农田地温及土壤含水率测试分析[J]. 农村牧区机械化, 2003(4): 9-10.
- [14] 陈明鼎, 李树德. 农机化工程技术与旱地节水的试验研究[J]. 定西科技, 1995(1): 26-27.
- [15] 孙海国, 任图生. 直立作物残茬和整株秸秆覆盖对麦田土壤湿度及温度的影响[J]. 干旱地区农业研究, 1996, 14(2): 1-4.
- [16] 严少华, 黄东迈. 免耕对水稻土持水特征的影响[J]. 土壤通报, 1995, 26(5): 198-199.
- [17] 刘亚俊, 侯国青, 周景奎. 保护性耕作对土壤理化性质的影响分析[J]. 农村牧区机械化, 2003(4): 13-15.
- [18] 孙海国, 李卫, 任图生, 等. 保护性耕作小麦—玉米农田生态系统能流特点的研究[J]. 生态农业研究, 1995, 3(2): 13-16.
- [19] 魏项森. 概述传统机械化旱地耕作与保护性耕作[J]. 拖拉机与农用运输车, 2002(5): 12-13.
- [20] 黄小洋, 漆映雪, 黄国勤, 等. 稻田保护性耕作研究I. 免耕对水稻产量、生长动态及害虫数量的影响[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(4): 530-534.
- [21] 杨为芳. 广西水稻免耕抛秧技术推广的现状、存在问题和发展对策[J]. 广西农学报, 2004(3): 33-36.
- [22] 郑家国, 谢红梅, 姜心禄, 等. 南方丘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.
- [23] DIJKERS W, LAL R. Gop residue and tillage effects on carbon sequestration in a Luvisol in central Ohio[J]. Soil & Tillage Research, 1999, 52: 73-81.
- [24] LAL R. Residue management, conservation tillage and soil restoration for mitigating greenhouse effect by CO₂ enrichment[J]. Soil and Tillage Research, 1997, 43(1/2): 81-107.
- [25] COGLE L, RAO KP C, YULE DF. Soil management options for Alfisols in the semi arid tropics: annual and perennial crop production[J]. Soil and Tillage Research, 1997, 44(3/4): 235-253.
- [26] BARBER R G, ORELLANA M, NAVARRO F. Effects of conservation and conventional tillage systems after land clearing on soil properties and crop yield in Santa Cruz, Bolivia[J]. Soil and Tillage Research, 1996, 38(1/2): 133-152.
- [27] RUIJN P J V. No-tillage crop production in the tropics[J]. Abstr Top Agric, 1982, 8: 9-27.
- [28] THURSTON HD. Sustainable practices for plant disease management in traditional farming systems[M]. Westview Press, Boulder, CO, 1992.
- [29] STURZ A V, CARTER M R, JOHNSTON H W. A review of plant disease, pathogen interactions and microbial antagonism under conservation tillage in temperate humid agriculture[J]. Soil and Tillage Research, 1997, 41(3/4): 169-189.
- [30] 高焕文. 旱地农业保护性耕作技术与机具研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(1): 75-76.
- [31] 翟通毅. 山西省发展机械化保护性耕作农业的报告[J]. 工农机推广, 2001(2): 4-5.
- [32] 李兴华, 卢维盛, 刘远金, 等. 不同耕作方法对水稻生长和土壤生态的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(4): 553-556.
- [33] 骆文光. 免耕垄作覆盖技术的水土保持及经济效益分析[J]. 水土保持通报, 1994, 14(3): 35-38.
- [34] 卢贵忠, 余继文. 云南省机械化节水农业技术发展探讨[J]. 农机化研

(上接第1967页)