

中国旱作农区不同量秸秆覆盖综合效应研究进展

I. 不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应

蔡太义^{1,2}, 贾志宽¹, 黄耀威³, 黄会娟², 杨宝平¹, 张 睿¹, 韩清芳¹, 聂俊峰¹

(1. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100; 2. 河南理工大学, 河南 焦作 454000;

3. 河南省农业厅, 河南 郑州 450008)

摘 要: 随着节水农业和土壤碳循环理论的发展和成熟, 不同量秸秆覆盖研究作为当代保护性农业的新颖课题之一, 备受广泛关注。为了深刻理解不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应, 本文综述了不同量秸秆覆盖对土壤温度、水分、养分、酶、土壤碳库、生物结构和农田杂草病虫害及小气候影响的研究现状和进展, 旨在为该领域的研究和发展提供参考依据。

关键词: 旱作农区; 秸秆覆盖量; 生态效应; 研究进展

中图分类号: S342.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)05-0063-06

秸秆覆盖(残茬覆盖)最早起源于我国, 据《齐民要术》记载, 公元 6 世纪中叶, 我国人民已经在蔬菜地(胡荽)采用覆盖麦草越冬的保温、保湿技术。但是现代秸秆覆盖作为保护性农业技术体系的核心部分却起源于美国^[1,2]。目前, 在美国、澳大利亚和加拿大等发达国家, 秸秆覆盖免耕法已相当完善和得到较大普及, 且取得了较好的效果^[3-7]。

现代秸秆覆盖的试验研究在我国起步较晚, 大约开始于 20 世纪 70 年代, 但主要还是 80 年代以后, 当时的研究多以一种秸秆覆盖量的免耕或少耕与传统耕作不覆盖进行比较, 而缺乏秸秆覆盖量方面的研究, 所以有些试验不够理想。从目前掌握到的资料来看, 以原西北农学院韩思明等 1984 年开始进行的不同量秸秆覆盖试验最早。当时以传统耕作不覆盖为对照, 研究了 3 种麦秸覆盖量(3 000、4 500 kg/hm² 和 6 000 kg/hm²) 和不同覆盖时期对旱地冬小麦农田环境和生长发育的影响, 并取得较好效果。因此 1988 年 8 月西北农学院课题组受邀并获资助参加在美国得克萨斯州举行的“国际旱地农业会议”, 其会议论文被载入“国际旱地农业会议论文集”^[8]。此后, 有关不同量秸秆覆盖方面的研究逐渐增多。进入 21 世纪, 我国北方地区农业科研单位和农业院校对秸秆覆盖不同量的研究进入了高潮。尤其是地处黄土高原中部的中国科学院水土保持研究所和西北农林科技大学等单位先后进行这方面试验研究的就有几十位专家和学者^[9-20], 撰写了大量的

试验研究论文, 分别发表于西北农林科技大学学报、灌溉排水学报、干旱地区农业研究、中国农业科学、中国农业气象和农业工程学报等期刊杂志上。这些研究大多都以冬小麦、春玉米、夏玉米、棉花为研究对象, 进一步研究了残茬不同覆盖量对土壤理化性质、水温动态、酶活性、生化他感效应、农田小气候、农田杂草、病虫害、生物多样性以及对作物生长发育、产量和水分利用效率等方面的影响。

1 不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应

1.1 对土壤物理性状的影响

秸秆覆盖可以显著改善土壤物理性状, 而且随覆盖年限和覆盖数量的不同, 改善效果存在较大差异。秸秆覆盖可减轻降水对土壤的直接拍打、淋洗和冲击, 使表土不被压实, 也可以消除因阳光曝晒而引起的表土龟裂, 维持土壤的良好结构^[21]; 覆盖还田后, 提高了土壤有机质量, 加之土壤中蚯蚓等动物活动的增强, 可使耕层土壤的结构得以较大改善。研究表明, 秸秆覆盖可使土壤容重降低 1.86% ~ 10.9%, 土壤孔隙度提高 2.88% ~ 60.5%, 土壤水稳性团聚体含量增加 104.5%^[22]。王玉坤的试验表明, 麦秸覆盖连续 2 a, 0 ~ 20 cm 耕层土壤容重与不覆盖相比降低 0.09 g/cm³, 连续 3 a 由 1.49 g/cm³ 下降到 1.46 g/cm³, 下降 1.5%; 总孔隙度从 4.39% 增加到 4.48%^[23]。韩思明等^[14]研究表明, 覆盖麦草

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 国家“十五”科技支撑课题(2006BAD29B03); 渭北旱原旱作农田集雨保水关键技术研究(2010NKC-03)

作者简介: 蔡太义(1972—), 男, 河南南阳人, 博士生, 主要从事节水农业和土地资源管理方面研究。E-mail: caity2008@nwsuaf.edu.cn; tycai2008@gmail.com。

通讯作者: 贾志宽(1962—), 男, 山西朔州人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要从事旱地农业方面研究。E-mail: Zhikuan@tom.com。

4 500 kg/hm² 的 0~10 cm 土层土壤容重为 1.29 g/cm³, 覆盖麦草 6 000 kg/hm² 的为 1.23 g/cm³, 较不覆盖 1.36 g/cm³, 分别降低了 0.07 g/cm³ 和 0.13 g/cm³, 而 10~20 cm 的土壤容重, 覆盖与不覆盖处理基本无差异(均在 1.4 g/cm³ 左右)。

1.2 对土壤温度的影响

研究表明, 地表覆盖秸秆后, 不仅阻止了太阳的直接辐射, 减少了土壤热量向大气中的散发, 且有效地反射了光波辐射。故此, 秸秆覆盖条件下土壤温度的季、日变化均趋向缓和, 在低温时具有“增温效应”, 而高温时则有“低温效应”。两种效应在作物不同生育时期, 对其生长均十分有利, 可有效地减缓地温剧变对作物造成的伤害^[20,24]。但总体而言, 秸秆覆盖的“低温效应”更受研究者关注。

1.2.1 土壤温度的日变化 秸秆覆盖下土壤温度昼夜波动剧烈。即不论是什么作物、什么时期, 也不管是每日的上午、中午和下午, 或者是土壤的任一层次, 覆盖处理的地温均明显低于不覆盖。一般是早晨(8:00)差值较小, 中午(14:00)差值较大, 下午(18:00)仅次于中午, 尤以中午地表和 5 cm 处的差值最大, 而且随着土层深度的加深温差越来越小; 同时土壤温度又有随秸秆覆盖量的增加而呈现明显的下降趋势。然而在寒冷的冬季或是春季, 在日温度最低时, 秸秆覆盖量各处理不同层次的温度均高于不覆盖, 而且随覆盖量的增加而相应升高, 即覆盖量越大增温效果越明显。这与秸秆覆盖物影响热传导有关, 说明秸秆覆盖在冬、春低温时, 并有一定的保温防寒效果^[17,25,26]。

秸秆覆盖产生的“降温效应”和“增温效应”, 从大量的观测资料看, 其效应主要在土壤上层, 而土壤下层则影响较小。因此, 巩杰根据在甘肃定西春小麦田的观测, 将 0~10 cm 土层称为易变层, 10~15 cm 为过渡层, 15~20 cm 为基本稳定层^[25]。于晓蕾在陕西杨凌冬小麦田观测, 发现 0~15 cm 土层地温变化明显, 而 15~25 cm 变化不明显, 因此把 0~15 cm 土层作为地温变化敏感层, 15 cm 以下则为地温变化不敏感层^[9]。

关于秸秆覆盖量与土壤温度日变化的关系, 张俊鹏认为, 土壤温度随秸秆覆盖度量的增加而递减, 但当覆盖量增加到 7 500 kg/hm² 时, 地温趋于稳定, 而作者在陕西合阳旱地春玉米苗期观测的结果是, 每公顷覆盖玉米秸秆 4 500 kg、9 000 kg 和 13 500 kg, 5 cm 处土壤温度较不覆盖分别降低 3.4℃、3.9℃和 4.7℃, 10 cm 处分别降低 2.2℃、2.9℃和 3.5℃^[20]; 但于晓蕾等认为, 6 000 kg/hm² 秸秆覆盖

量处理, 不同土层地温的日变化一般较高^[9]。

1.2.2 土壤温度在作物生育期的变化 大量研究表明, 从整体趋势来看, 秸秆覆盖在调控作物生育期土壤温度的效应方面(主要是降温效应), 均表现为生长前期的地温差异显著, 随着生育进程的推进和作物叶面积的增大, 其影响逐渐减少, 直至覆盖与不覆盖处理无明显差异^[17,18], 同时, 秸秆覆盖对作物生育期土壤温度的影响, 也是随覆盖量的增加而递减, 随时间的推移而逐渐减少。据王兆伟 2009 年在山西寿阳旱地春玉米的观测, 每公顷覆盖玉米秸秆 1 500、3 000、4 500 和 6 000 kg, 苗期 0~30 cm 土层的平均地温较不覆盖分别降低了 1.1℃、0.7℃、0.9℃和 1.4℃; 在拔节—吐丝期则分别降低了 0.2℃、0.2℃、0.7℃和 0.9℃; 在灌浆—成熟期则分别降低了 0.1℃、-0.1℃、0.0℃和 0.2℃。这表明秸秆覆盖在苗期对地温影响最大, 且随着覆盖量递增调节地温的作用愈明显^[17]。又据薛宗让等 1990 年在山西太原等地旱地春玉米的观测, 不同玉米秸秆覆盖量 7 500、11 250 kg/hm² 和 15 000 kg/hm² 对土壤温度的影响也是前期大, 后期小。在三叶期、拔节期和抽雄期, 每增加 1 500 kg/hm² 的覆盖量, 土壤温度分别降低 0.28℃、0.20℃和 0.18℃^[18,27]。秸秆覆盖明显降低了土壤温度, 使地温的日变化振幅降低。

1.3 对土壤水分的影响

1.3.1 促进降水入渗 促进有限降水入渗, 秸秆覆盖既有正效应, 也有不良影响。在秸秆覆盖下, 耕层疏松多孔, 有利于降水入渗, 增加土壤蓄水量, 特别是在地面不平或坡耕地上, 遇到大暴雨时, 秸秆覆盖可延缓径流产生, 稳定提高入渗率, 减少径流量, 有效控制水土流失。研究表明, 秸秆覆盖量越高, 地表产生径流的时间和土壤含水率达到饱和的时间就越晚, 而且稳定入渗率也越高^[28]。逢焕成 1988 年在不同坡地上进行模拟降雨试验的结果是, 在 5°坡地上, 不覆盖秸秆的入渗深度为 6.71 cm, 土壤流失量为 2.24 t/hm²、径流量为 118.8 m³/hm², 而覆盖残茬量为 3 000 kg/hm² 的入渗深度为 12.50 cm, 土壤流失量为 0.3 t/hm²、径流量 39.0 m³/hm²; 覆盖残茬量为 6 000 kg/hm² 处理的入渗深度达 13.5 cm, 土壤流失量为 0.26 t/hm², 径流量 23.3 m³/hm²^[29]。但是, 秸秆覆盖对降水入渗也有不利的影响, 尤其是在降水量比较小时, 一部分降水会被覆盖于地表的残茬截获吸附, 这样既延缓降水入渗时间, 又减少水分入渗量。而且覆盖量越大, 截获吸附的水分也就越多。截获吸附的这一部分水分, 渗不到地里, 天一晴就会很快蒸发损失掉^[14,17,26]。

1.3.2 减少土壤水分蒸发 棵间蒸发是土壤水分散失的主要方面。研究已表明,不论秸秆覆盖量多少,也不论任何季节,均有减少土壤水分蒸发的良好效果,即秸秆覆盖在不同土层的土壤含水率均高于不覆盖;而且减少水分蒸发的效果随着秸秆覆盖量的增加而越来越好,秸秆覆盖量越大,土壤水分蒸发量越小^[17,30]。然而,张俊鹏在河南夏玉米的研究结果表明,土壤水分蒸发量变化动态,不覆盖处理变化起伏最大,而覆盖处理随着覆盖量的增加,其变化趋于平稳,当覆盖量达到 $10\ 500\text{ kg/hm}^2$ 时,棵间土壤水分蒸发量降低不多,与 $7\ 500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理差异不大^[30]。刘超在陕西杨凌夏玉米田的试验结果是,当覆盖量大于 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 时,不能明显提高抑蒸效果,当覆盖超过 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 时,抑蒸效果不再明显增加^[11]。而王兆伟的研究表明,土壤含水率对秸秆覆盖量的效果也有很大影响,在土壤含水率较低时,土壤水分蒸发量普遍较小,秸秆覆盖抑制棵间蒸发作用不明显;而土壤含水率较高,覆盖的抑蒸效应显著^[17]。再从旱地玉米全生育期棵间水分蒸发的动态变化来看,棵间水分蒸发主要发生在玉米冠层封行之前(苗期—拔节期),秸秆覆盖对土壤水分蒸发抑制作用明显,即随覆盖量增大,土壤蒸发量逐渐减小;玉米冠层封垄封行后,土壤水分消耗主要是玉米蒸腾引起的,棵间蒸发明显减少^[20]。

1.3.3 提高土壤含水率 秸秆覆盖具有很好的抑蒸保水效应,因而可以显著提高土壤的含水量,且有随秸秆覆盖量的增加而提高的趋势。但是,秸秆覆盖也会因覆盖时间及覆盖量的不同,对土壤含水率的多少、季节性和层次分布产生影响。薛宗让在山西旱地春玉米的研究表明,在秸秆覆盖量 $7\ 500 \sim 15\ 000\text{ kg/hm}^2$ 范围内,平均每增加 $1\ 500\text{ kg}$ 覆盖量,土壤含水率增加 $0.08\% \sim 0.24\%$ ^[18]。而秸秆覆盖量对土壤含水率的影响是,旱地春玉米当秸秆覆盖量大于 $1\ 500\text{ kg/hm}^2$ 才会对土壤含水率产生显著影响,且以覆盖量 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 对土壤含水率的影响最大,而大于 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 时,对水分影响效果有所减少。王昕在宁南旱地春玉米的研究结果是,秸秆覆盖 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 保墒效果不理想, $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 保水效果明显高于不覆盖,但当覆盖量达到 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 时保水效果已不明显^[19]。不同秸秆覆盖量下土壤含水率的季节性差异,表现为前期大,后期逐渐变小。这是因为前期土壤水分的散失以地面蒸发为主,覆盖量大的处理较好地阻止了地面蒸发;到了作物生长后期,作物群体叶面积变大,蒸腾是土壤水分损失的主要途径,覆盖量大,作物长势好,蒸腾量

相应要大,使处理间差异变小^[18]。

秸秆覆盖土壤含水率的垂直变化,不同地区、不同作物、不同覆盖量尽管有所不同,但和不覆盖比较,其差异主要还是表现在土壤上层,且有随土层深度的加深而减弱。例如:有的研究是土壤含水率差异较大的深度在 50 cm 以上,尤以 $0 \sim 20\text{ cm}$ 差异最大^[26];有的研究是主要体现在 $0 \sim 40\text{ cm}$ 土层,在 $40 \sim 60\text{ cm}$ 土层差异不明显。 60 cm 土层以下未受覆盖影响^[17];有的研究是作物生育前期对保蓄 $0 \sim 40\text{ cm}$ 土层含水量有显著效果,在作物生长后期对 $0 \sim 20\text{ cm}$ 土层含水量保蓄效果较为明显^[19];而有的研究则是,秸秆全程覆盖各处理与不覆盖相比, $0 \sim 80\text{ cm}$ 土层含水量变化最为剧烈, $80 \sim 120\text{ cm}$ 土层次之, 120 cm 以下土层水分变化趋缓,总体来看,不同覆盖量处理的上层土壤含水率均高于下层,且与覆盖量呈正比。同时,一些研究亦表明,秸秆覆盖土壤上层含水量的变化过程与降水量有很大关系。在降水量较少时,所有覆盖处理上层土壤含水率均比不覆盖高;在降水量较大时,覆盖与不覆盖之间差异减少;但降雨后,在土壤逐渐干燥过程中,由于覆盖的保墒作用,使覆盖各处理的土壤含水率又明显高于不覆盖^[17];即降雨后的一段时间内秸秆覆盖的保墒效应最为突出,但随着时间的推移,如果长期不降雨,那么秸秆覆盖的土壤水分也会逐渐减少。

1.3.4 增加土壤贮水量 不同量覆盖秸秆因促进降雨入渗、抑制水分蒸发和保墒蓄水效应的不同,致使土壤不同层次和 $0 \sim 200\text{ cm}$ 土层内的贮水量也表现出明显差异。韩思明等 1985 ~ 1986 年在陕西乾县、武功夏闲地末测定结果表明,秸秆覆盖各处理不同层次以及 $0 \sim 200\text{ cm}$ 土层的贮水量较不覆盖均有不同程度的增加,尤以 $0 \sim 30\text{ cm}$ 土壤增加最明显;而不同层次以及 $0 \sim 200\text{ cm}$ 土层内的贮水量,均随着覆盖量的增加而相应增加,其中以覆盖量 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 的增加最多,和不覆盖处理相比, $0 \sim 200\text{ cm}$ 土层内 2 a 平均可多贮水 41.9 mm ;覆盖量 $3\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$, $0 \sim 200\text{ cm}$ 土层内较不覆盖分别可多贮水 11.8 mm 和 26.1 mm ^[26],可以看出,不论是夏闲地,还是冬闲地,秸秆覆盖均有显著的保墒蓄水效果,有效提高上层的含水量,特别是遇到干旱年份,湿润的上层土壤,对冬小麦和春玉米播种、出苗非常有利,同时对作物吸收上层土壤中丰富的养分也大有裨益。蔡太义等在渭北旱塬全程覆盖的试验表明,2 a 临播前 $4\ 500$ 、 $9\ 000$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理 2 m 土层较不覆盖分别多保蓄水分 $12.89 \sim 15.00\text{ mm}$ 、 $16.37 \sim 28.82\text{ mm}$ 和 $29.02 \sim 37.99$

mm^[16]。而王兆伟 2009 年在山西寿阳旱地春玉米的研究表明^[17],覆盖处理的表层土壤贮水量均高于对照,且在作物的生育前期表现明显,而生育后期效果则不显著。说明了秸秆覆盖在苗期和干旱年份效果明显,随着玉米叶面积指数的增加,覆盖的保墒效应趋弱,此外,生育后期随着降水的增多,减弱了覆盖和不覆盖处理之间土壤贮水量的差异。

1.4 对土壤养分的影响

农作物秸秆自身的有机质及营养元素比较丰富,也是土壤养分及有机质的重要补充来源。研究表明,每 100 kg 麦秸腐解后,能为土壤分别供给 0.64 kg 纯 N、0.20 kg P₂O₅、1.07 kg K₂O、81.2 kg 有机质以及多种微量元素。杜守宇等研究表明,覆盖还田 1 a 后,与对照相比,覆盖处理土壤的有机质、全磷和全氮均有不同程度增加,然而,覆盖还田后的碱解氮和速效磷较对照则降低,可能与覆盖后昼夜地温较低阻碍了土壤的矿化有关,但覆盖 2 a 和 3 a 后,各养分指标均明显高于对照,且表现为随覆盖量的增加而逐步提高的趋势^[31]。王玉坤等的研究发现,连续覆盖 2 a,可增加土壤有机质 0.14%、腐殖质 0.27%,全氮 0.02%;0~20 cm 土层,连续覆盖 2~3 a 后的土壤有机质、全氮和全磷质量分数均明显高于不覆盖,也有随覆盖量增加而提高的趋势^[23]。韩思明等研究表明,0~20 cm 土层,与不覆盖相比,覆盖 1 a 处理的土壤有机质和全氮质量分数无明显差异,而碱解氮和速效磷有所降低;覆盖 2 a 后,其土壤的有机质、全氮、碱解氮和速效磷质量分数均明显提高^[26]。可见,随着秸秆覆盖年限的增加,其增加肥力的效果愈显著^[24]。

1.5 对土壤碳库的影响

土壤有机质是指存在于土壤中的所有含碳的有机物质,它包括土壤中的各种动、植物残体,微生物体及其分解和合成的各种有机物质,是衡量土壤肥力的一个重要指标^[32]。但是,土壤有机质的含量多少不能很好地反映土壤质量的动态变化,因为有机质数量只是一个矿化分解和合成的平衡结果。深入研究表明,将土壤有机质区分为全量(TOM)和活性(LOC)两部分在理论和实践上是可行的。

国内学者在土壤碳库研究中亦作了有益的探索^[33]。研究表明,秸秆覆盖免耕、传统耕作秸秆还田和免耕不覆盖,与传统耕作不覆盖相比,均明显提高了土壤总有机碳含量和土壤活性有机碳含量,并有随着土层深度的增加而递减的趋势;而且更有助于提高 0~5 cm 土层活性有机碳占总有机碳的百分率,说明秸秆覆盖免耕处理的土壤碳素活性大,易

转化^[34~36]。在提高土壤碳库管理指数方面,秸秆覆盖或秸秆还田的贡献大于传统耕作措施,说明对土壤进行秸秆覆盖或还田,有利于土壤碳库管理指数提高^[34,37,38]。

1.6 对土壤酶活性的影响

土壤酶活性作为土壤的组成部分,参与土壤中的各种生物化学过程,是土壤生物活性的总体现,它不仅与作物产量及土壤管理措施之间有一定关系,且在一定程度上反映了土壤的综合肥力特征及土壤养分转化进程^[39]。李倩和贾志宽在陕西合阳的试验发现,秸秆覆盖可使土壤酶活性增加。其原因在于,秸秆覆盖对土壤温度有明显的调节作用,也对土壤有机质和速效养分有较大影响,而且对土壤微生物数量增加有利,所以会使土壤酶活性增加。同时,不同量秸秆覆盖对不同类型土壤酶的影响也不同。脲酶在 13 500 kg/hm² 覆盖量下各土层活性均最高,其中,0~20 cm 层较不覆盖增加 3.9 倍,且活性随着秸秆覆盖量的减少而降低,随着土层的加深而降低;碱性磷酸酶以 9 000 kg/hm² 覆盖量下各层次活性达到最高,在 0~20 cm 层较不覆盖增加 9.0%;蔗糖酶也是以 9 000 kg/hm² 覆盖量各层次活性达到最高,在 0~20 cm 层较不覆盖增加 46.9%,其活性随土层的加深而降低;过氧化氢酶除个别层次外也是以残茬在 9 000 kg/hm² 覆盖量下各层活性达到最高,且活性随土层的加深而降低。可以看出,多数土壤酶的活性并非随覆盖量的增加而增加,而是在 9 000 kg/hm² 覆盖量下活性达到最高;而脲酶在 13 500 kg/hm² 覆盖量下活性最高;同时以表层土壤酶活性较高,且多数土壤酶的活性随着土层的加深而逐渐降低,而只有碱性磷酸酶活性各层间差异不显著^[12]。

1.7 对土壤生物结构的影响

土壤生物包括土壤动物和微生物,是土壤生态系统的重要组成部分。土壤微生物是土壤中最活跃的生物体。它参与许多营养成份的转化过程,对提高土壤养分,促进作物生育有积极作用。然而它在土壤中的数量、比例和活性却与土壤中水、热等条件密切相关。大量研究表明,秸秆覆盖能使土壤细菌总数、放线菌数、棒状细菌数和贫营养细菌数量增加,特别是能使芽孢杆菌数量增多几倍,还可使土壤真菌、固氮菌、好气性纤维素菌和嫌气性纤维素菌等微生物数量增加,土壤生物学活性改变^[22,40~42]。

李泽兴等^[43]研究结果表明,农田生态系统中,玉米秸秆覆盖能够促进土壤动物大量繁殖,群落个体数量类群数量增加,群落多样指数和均匀性指数

增高。而且在一定范围内,随秸秆覆盖量的增加,农田土壤动物群落个体数量与类群数量也随之上升;同时,秸秆数量越多,土壤动物群落组成丰富度越丰富,分布越均匀。据籍增顺等的调查,秸秆覆盖免耕的每平方米 33.5 条,传统不覆盖的仅有 2.5 条,增加 12.4 倍^[44]。可见,随秸秆覆盖量的递增,蚯蚓的数量也相应增加,且覆盖 2 a 的处理又明显高于覆盖 1 a 的。蚯蚓数量的增加和活动的频繁对改善土壤结构、培肥土壤均有积极作用^[26]。

1.8 对农田小气候的影响

农田覆盖秸秆后,因秸秆的导热率和反射率高于裸地不覆盖处理,加之粗糙度也发生了变化,从而使农田的地表热学和动力学性质得到了改变,进而改善了农田小气候。朱自玺等 1997 年 3 月在河南郑州麦田小气候观测结果表明,地面覆盖秸秆后,其导热率降低,反射率提高,白天明显升高了近地面的空气温度,不覆盖处理在 5 cm 高度较覆盖气温偏高 1.3℃,但这种差异随高度的增加而减小,在 50 cm 高度两者仅相差 0.2℃,这种差异以上午表现较为明显,中午(13:00)以后其差异逐渐减小。覆盖秸秆后,农田的近地层气温、空气湿度和温度均发生了明显的变化,但风速的变化不甚明显^[45]。

1.9 对田间杂草病虫的影响

农田杂草是农业生产中的重要问题之一,给农业生产造成巨大损失,长期使用除草剂不仅污染环境,且易使杂草产生抗药性。有关研究已证明,覆盖秸秆可抑制农田杂草,与不覆盖相比,可降低农田的杂草密度。原因有两个方面,首先是因为覆盖产生的遮荫作用,抑制了部分喜光杂草的生长;其次生物种间的“他感效应”,同样抑制了杂草的生长。马永清等 1993 年在河北进行的不同品种麦秸覆盖盆栽试验结果表明,麦秸覆盖具有明显抑制杂草生长的作用,即无论是杂草的株数、鲜重,还是干重,麦秸覆盖处理均明显低于不覆盖,其中株数和干重达到极显著水平,鲜重达到显著水平。范丙全等^[46]研究表明,棉花蕾期覆盖 2 250、4 500 kg/hm² 和 6 750 kg/hm² 秸秆的,其杂草数量比不覆盖分别减少 29.6%、82.6% 和 91.3%,从而减少杂草与棉花争夺水分和养分。然而,多年试验表明,同样翻耕的夏闲地,覆盖麦秸处理的田间杂草滋生较为严重。这可能与覆盖麦秸后使土壤耕层墒情好,有利于部分杂草的繁殖及生长有关。

关于秸秆覆盖对作物病虫的影响,也有较多的调查研究。籍增顺于 1990~1992 年在山西省 6 个试验点的结果表明^[44],秸秆覆盖免耕使玉米螟可安

全越冬,完全越冬率达 93.8%;秸秆覆盖免耕由于玉米苗期生长缓慢,使得玉米螟落卵量少于不覆盖田。平定点覆盖田比传统不覆盖田降低危害 79.0%,汾阳点传统不覆盖田被害率达 34%,覆盖田为 24.0%;秸秆覆盖免耕田比常规不覆盖地下害虫(如蛴螬、地老虎、金针虫等)多,危害率增加。而且有随覆盖年限的增加,危害率也增加的趋势。

1.10 对农田水保性能的影响

秸秆覆盖在坡耕地和风沙严重的地区,水保性能更加明显。原因是:一方面秸秆覆盖地面后,可减轻暴雨对土壤的侵蚀造成严重的水蚀。王育红等^[47]的试验表明,秸秆覆盖使降水入渗速度提高 1.87~2.12 倍,泥沙侵蚀率减少 97.8%~98.8%,溅蚀过程基本不产生,径流量减少 44.3%~61.5%;同时减少泥沙量 95%~97%,明显延长产流开始时间和降雨后产流持续时间,但其效果随坡度的增加而减弱,随覆盖厚度的增加而增强。另一方面,秸秆覆盖地面,也能减轻狂风对土壤的侵蚀而造成严重的风蚀。因为秸秆覆盖地面可以降低近地表风速,防止风力直接作用于地表土壤,特别是立茬覆盖还能把处于风蚀过程中的土壤颗粒截留下来,以免造成严重的风蚀。王世学等^[48]在冷寒风沙区的研究结果表明,秸秆覆盖免耕能有效地防止和减少沙尘暴的发生;赵永来等^[49]在内蒙中部的研究表明,秸秆覆盖防风蚀的效果关键在于覆盖度的大小,覆盖度越大,防风蚀的效果越好。

参考文献:

- [1] Hallsted A, Mathews O. Soil moisture and winter wheat with suggestions on abandonment[R]. Bull No.273 Kansas Agric Exp Stn, 1936.
- [2] Tebrugge F, During R A. Reducing tillage intensity—a review of results from a long-term study in Germany[J]. Soil & Tillage Research, 1999,53(1):15—28.
- [3] Unger P. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth[J]. Agronomy Journal, 1978, 70(5): 858.
- [4] Duley F L, J C R. The use of crop residues for soil and moisture conservation[J]. Jour Amer Soc Agron, 1939,31(3):703—709.
- [5] Cook H, Valdes G, Lee H. Mulch effects on rainfall interception, soil physical characteristics and temperature under *Zea Mays* L[J]. Soil and tillage research, 2006,91(1—2):227—235.
- [6] Lal R. Long-term tillage and maize monoculture effects on a tropical alfisol in western nigeria. I. Crop yield and soil physical properties [J]. Soil and tillage research, 1997,42(3):145—160.
- [7] Lal R. Beyond copenhagen: Mitigating climate change and achieving food security through soil carbon sequestration[J]. Food Security, 2010,2(2):169—177.
- [8] Han Siming, Shi Juntong, Chunfeng Y. Research on stubble mulch tillage on rainfed land[C]//国际旱地农业会议论文集.美国,德

- 克萨斯州, 1998: 504—506.
- [9] 于晓蕾, 吴普特, 汪有科, 等. 不同秸秆覆盖量对冬小麦生理及土壤温、湿状况的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(4): 41—44.
- [10] 刘 婷, 贾志宽, 张 睿, 等. 秸秆覆盖对旱地土壤水分及冬小麦水分利用效率的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(7): 68—76.
- [11] 刘 超, 汪有科, 湛景武, 等. 秸秆覆盖量对夏玉米产量影响的试验研究[J]. 灌溉排水学报, 2008, 27(4): 64—66.
- [12] 李 倩, 贾志宽. 玉米旱作栽培条件下不同秸秆覆盖量对土壤酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 152—154.
- [13] 张吉祥, 汪有科, 张学锋, 等. 不同麦秆覆盖量对夏玉米耗水量和生理性状的影响[J]. 灌溉排水学报, 2007, 26(3): 69—71.
- [14] 韩思明. 黄土高原旱作农田降水资源高效利用的技术途径[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(1): 1—9.
- [15] 蔡太义, 贾志宽, 杨宝平, 等. 不同秸秆覆盖量对春玉米冠气温差和叶水势日变化的影响[J]. 灌溉排水学报, 2010, 29(6): 10—13.
- [16] 蔡太义, 贾志宽, 孟 蕾, 等. 渭北旱塬不同秸秆覆盖量对土壤水分和春玉米产量的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(3): 43—48.
- [17] 王兆伟, 郝卫平, 龚道枝, 等. 秸秆覆盖量对农田土壤水分和温度动态的影响[J]. 中国农业气象, 2010, 31(2): 244—250.
- [18] 薛宗让, 王盛霞, 刘虎林, 等. 旱地玉米免耕秸秆覆盖量试验[J]. 山西农业科学, 1994, 22(3): 31—33.
- [19] 王 昕, 贾志宽, 韩清芳, 等. 半干旱区秸秆覆盖量对土壤水分保蓄及作物水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(4): 196—202.
- [20] 蔡太义. 渭北旱塬不同秸秆覆盖量对农田环境和春玉米生理生态的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2011.
- [21] Boto K, Wellington J. Soil characteristics and nutrient status in a northern Australian mangrove forest[J]. *Estuaries and Coasts*, 1984, 7(1): 61—69.
- [22] 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—8, 12.
- [23] 王玉坤, 赵 勇. 袁庄麦田秸秆覆盖保墒措施的研究[J]. 灌溉排水, 1991, 10(1): 7—13.
- [24] 毛瑞洪. 夏闲地麦糠覆盖增产效果分析[J]. 中国农业气象, 1993, 14(4): 36—38.
- [25] 巩 杰, 黄高宝, 陈利顶, 等. 旱作麦田秸秆覆盖的生态综合效应研究[J]. 干旱地区农业研究, 2003, 21(3): 69—73.
- [26] 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.
- [27] 薛宗让, 王盛霞, 刘虎林, 等. 旱地玉米免耕秸秆覆盖量试验[J]. 山西农业科学, 1994, 22(3): 31—33.
- [28] 赵凤霞, 温晓霞, 杜世平, 等. 渭北地区残茬(秸秆)覆盖农田生态效应及应用技术实例[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(3): 90—95.
- [29] 连焕成, 徐福安. 渭北旱原秸秆覆盖耕作法研究[J]. 农业现代化研究, 1998, 19(4): 249—251.
- [30] 张俊鹏, 孙景生, 刘祖贵, 等. 不同麦秆覆盖量对夏玉米田间土壤蒸发和地温的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(1): 95—100.
- [31] 杜守宇, 田恩平, 温 敏, 等. 秸秆覆盖还田的整体功能效应与系列化技术研究[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(2): 88—94.
- [32] 高亚军, 李生秀. 旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J]. 农业工程学报, 2005, 21(7): 15—19.
- [33] Huang Z Q, Xu Z H, Chen C R. Effect of mulching on labile soil organic matter pools, microbial community functional diversity and nitrogen transformations in two hardwood plantations of subtropical australia[J]. *Applied Soil Ecology*, 2008, 40(2): 229—239.
- [34] 徐明岗, 于 荣, 孙小凤, 等. 长期施肥对我国典型土壤活性有机质及碳库管理指数的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12(4): 459—465.
- [35] 王 晶, 张仁陟, 李爱宗. 耕作方式对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2008, 26(6): 8—12.
- [36] 沈 宏, 曹志洪, 徐志红. 施肥对土壤不同碳形态及碳库管理指数的影响[J]. 土壤学报, 2000, 37(2): 166—173.
- [37] 邱莉萍, 张兴昌, 程积民. 土地利用方式对土壤有机质及其碳库管理指数的影响[J]. 中国环境科学, 2009, 29(1): 84—89.
- [38] 沈 宏, 曹志洪, 胡正义. 土壤活性有机碳的表征及其生态效应[J]. 生态学杂志, 1999, 18(3): 32—38.
- [39] 和文祥, 谭向平, 王旭东, 等. 土壤总体酶活性指标的初步研究[J]. 土壤学报, 2010, 47(6): 1232—1236.
- [40] Iovieno P, Alfani A, Baath E. Soil microbial community structure and biomass as affected by pinus pinea plantation in two mediterranean areas[J]. *Applied Soil Ecology*, 2010, 45(1): 56—63.
- [41] Rifai S W, Markewitz D, Borders B. Twenty years of intensive fertilization and competing vegetation suppression in loblolly pine plantations: Impacts on soil c, n, and microbial biomass[J]. *Soil Biology & Biochemistry*, 2010, 42(5): 713—723.
- [42] Moore J M, Klose S, Tabatabai M A. Soil microbial biomass carbon and nitrogen as affected by cropping systems[J]. *Biology and Fertility of Soils*, 2000, 31(3—4): 200—210.
- [43] 李泽兴, 孙光芝, 王 洋, 等. 玉米秸秆覆盖量对农田土壤动物群落结构的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 296—300.
- [44] 籍增顺, 张乃生, 刘 杰. 旱地玉米免耕整秆半覆盖技术体系及其评价[J]. 干旱地区农业研究, 1995, 13(2): 14—19.
- [45] 方文松, 朱自玺, 刘荣花, 等. 秸秆覆盖农田的小气候特征和增产机理研究[J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27(6): 123—128.
- [46] 范丙全, 李春勃. 旱地棉田秸秆覆盖的增产效果及其机理的研究[J]. 土壤通报, 1996, 27(2): 73—75.
- [47] 王育红, 姚宇卿, 吕军杰. 残茬和秸秆覆盖对黄土坡耕地水土流失的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2002, 20(4): 109—111.
- [48] 王世学, 高焕文, 李洪文. 冷寒风沙区保护性耕作种植试验[J]. 农业工程学报, 2003, 19(3): 120—123.
- [49] 赵永来, 陈 智, 孙悦超, 等. 作物残茬覆盖对农田土壤风蚀的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29(1): 84—87.

(英文摘要下转第 74 页)

Cloning of a DREB gene from foxtail millet(*Setaria italica* L.) and its expression during drought stress

YANG Xi-wen¹, HU Yin-gang^{1,2}

(1. College of Agriculture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Shaanxi Key Laboratory of Molecular Biology for Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: A DREB gene was amplified from Foxtail millet by PCR using a pair of primers designed on the sequences of *Triticum aestivum* TaDREB6 gene, the foxtail millet DREB gene was 1 113 bp in length, encoding 259 amino acids with basic amino acid regions possible nuclear location sequences(NLSs) and a highly conserved AP2/EREBP domain in the encoded putative protein. Multiple alignment analysis based on the amino acids encoded by DREB genes in plants showed that the Foxtail millet DREB gene was a member of DREB2 transcription factor family, and designed as SiDREB2. The expression patterns of SiDREB2 during drought stress were investigated by means of semi-quantitative RT-PCR. The results showed that the expression patterns of SiDREB2 during drought stress was up-regulated, which suggested that it was involved in the response of foxtail millet to drought stress and might be one of the key genes for drought tolerance and water use efficiency of foxtail millet. The cloning of this gene may provide the potential for its utilization in the improvement of drought tolerance and water use efficiency in other plants.

Keywords: foxtail millet; DREB transcription factor; drought and re-watering; express profile; phylogenetic analysis

(上接第 68 页)

Research progress of comprehensive effect under different rates straw mulch on the rainfed farming areas, China

I. Effect of different rates of straw mulch on farmland eco-environment

CAI Tai-yi^{1,2}, JIA Zhi-kuan¹, HUANG Yao-wei³, HUANG Hui-juan², YANG Bao-ping¹,

ZHANG Rui¹, HAN Qing-fang¹, NIE Jun-feng¹

(1. The Chinese Arid Area Research Institute of Water-saving Agriculture, Northwest A & F University, Yangling,

Shannxi 712100, China; 2. Henan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China;

3. The Agriculture Department of Henan Province, Zhengzhou, He'nan 450008, China)

Abstract: With the water-saving agriculture and soil carbon cycle theory development and maturity, straw mulch research for a novel of contemporary conservation agriculture one of the issues, much attention. In order to deeply understand the straw mulch comprehensive ecological effects of farmland, the paper reviews the different straw mulch on soil temperature, moisture, nutrients, enzymes, soil carbon, biological structures and farmland weed pest and microclimate of status and progress of the research to the field of research and development of reference.

Keywords: rainfed farming areas; straw mulch rates; ecological effects; research progress