

中国旱作农区不同量秸秆覆盖综合效应研究进展

Ⅱ. 不同量秸秆覆盖的农作物生理效应及研究存在问题与展望

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

(1. 河南理工大学, 河南 焦作 454000; 2. 西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西 杨凌 712100;
3. 河南省农业厅, 河南 郑州 450008)

摘 要: 综述了不同量秸秆覆盖对作物生理、产量和水分利用效应研究的最新进展, 归纳了该领域目前研究中存在的问题, 同时就其未来的研究方向进行了展望。

关键词: 秸秆覆盖量; 生理效应; 旱作农区

中图分类号: S153 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)06-0108-07

秸秆覆盖地面后, 改善了农田下垫面的性质和能量平衡, 农田土壤水、肥、气、热环境及农田小气候因此产生较大变化, 从而对作物的生理生态产生了较大影响。作者已对不同量秸秆覆盖的农田生态环境效应进行了综述^[1], 本文综述不同量秸秆覆盖对作物的生理生态效应。在前文^[1]和本文综述基础上, 分析了目前该领域存在的问题, 并就未来研究方向进行展望。

1 不同量秸秆覆盖的生理效应

1.1 对作物发芽、出苗的影响

大量试验表明^[2~5], 不论秸秆覆盖数量多少, 也不论是覆盖时间早晚, 均会对作物种子发芽、出苗及幼苗生长产生抑制作用, 覆盖量越大, 抑制作用越明显。主要表现为发芽率降低, 出苗期推迟, 幼苗生长延缓, 即苗小、苗弱, 而且苗黄、苗红。其原因除大家公认的“低温效应”外, 还与生物之间的生化他感效应有密切关系。

马永清和韩庆华^[6]在河北进行的麦秸覆盖夏玉米试验中发现, 在降水较多年份, 覆盖的麦秸对玉米早期生长发育有抑制作用, 主要表现为叶片发黄, 增施化肥也无济于事, 而在不同玉米品种对麦秸浸提液发芽的试验发现, 不同玉米品种对麦秸浸提液反应不同, 有的品种发芽率因抑制作用较强, 有的则较弱。杨思存等^[7]用几种作物秸秆进行的盆栽试验表明, 蚕豆秸秆对小麦和大豆幼苗生长都有明显的他

感作用, 使其生物量分别减少 50.4% 和 58.2%; 大豆秸秆对小麦幼苗生长有他感相克作用, 而对大豆幼苗生长有自感相生作用, 使其生物产量增加 19.8%; 玉米秸秆对小麦幼苗的相克作用最强, 生物产量减产 60.8%。贾春虹等^[8]研究表明, 麦秸浸提液中生化他感化合物主要是酚酸, 其主要物质为: 对羟基苯甲酸、香草酸、阿魏酸和肉桂酸。

1.2 对作物生长发育的影响

秸秆覆盖使作物种子发芽和幼苗生长受到抑制, 也会使其生长发育受到影响。籍增顺等^[9, 10]研究结果表明, 秸秆覆盖影响旱地春玉米生长分为两个阶段, 即土壤温度决定期和土壤水分决定期。土壤温度决定期, 主要是在玉米拔节以前, 与不覆盖相比, 秸秆覆盖土壤温度偏低, 玉米生长迟缓, 长势弱小, 干物质积累速度慢, 叶片少 1~2 片, 植株低 15~20 cm; 土壤水分决定期, 主要是在玉米拔节以后, 玉米进入旺盛生长期需水剧增, 秸秆覆盖较不覆盖土壤含水率高, 加之气温适宜, 因此玉米生长速度逐渐加快, 植株长势赶上或超过不覆盖, 而且覆盖量大的超过覆盖量小的。这种优势越到后期越明显。在春夏连旱年份, 秸秆覆盖土壤水分含量高, 因此除了加快最大生长速度外, 更重要是玉米旺盛生长期明显延长(大约一周)。绿叶数量显著多于传统不覆盖。韩思明等^[11]在 1985 年对旱地小麦试验观察的结果是: 苗期, 秸秆覆盖较不覆盖处理苗高、苗细、叶长、色淡, 呈徒长状态, 但当小麦进入分蘖期后, 苗情

收稿日期: 2011-06-21

基金项目: 国家“十一五”科技支撑课题(2006BAD29B03); 渭北旱塬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, 副教授, 博士, 主要从事节水农业和土地资源管理方面研究。E-mail: caity2008@hpu.edu.cn; tycai2008@gmail.com。

* 通信作者: 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: Jiazhk@126.com。

逐步转好,其长势、分蘖多少等又超过不覆盖处理。拔节以后,植株长势也是以覆盖各处理的最好,其特点是茎秆粗、叶片宽、颜色深,呈兰绿色,抽穗期较不覆盖推迟 2~3 d;成熟期各覆盖处理均较不覆盖晚,其中以覆盖量 $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 处理最明显,大约晚 2~3 d,但成熟正常,落黄好,特别是在成熟期多雨的年份,表现更为突出。贾春虹^[8]的研究表明,麦秸秆覆盖量 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 会使玉米的株高、根数和叶面积降低,施氮肥也不能减轻这种不利影响;而在覆盖量 $4\,500\text{ kg/hm}^2$ 下,施用 195 kg/hm^2 氮肥,可以减轻麦秸覆盖的不良影响,促进植株生长,增加幼苗根数、叶面积和植株地上部干重。再从秸秆覆盖对作物根系的影响来看,秸秆覆盖免耕玉米在前期,无论根条数还是根长均少于传统不覆盖;拔节以后,秸秆覆盖的玉米根系无论根条数与根长均赶上并超过传统不覆盖处理;到玉米成熟期,秸秆覆盖免耕处理玉米根系主要分布在浅层,而且根毛明显增加,其根系为“偏平型”,即根系的生长是以根轴为中心,向四周辐射;而传统不覆盖玉米根系分布则较深,其根系为“细长圆柱型”,且根系比较粗,根毛少;中后期秸秆覆盖免耕根系发达,活力强,伤流液明显高于常规耕作。据忻州试点测定,拔节期、孕穗期、开花期秸秆覆盖免耕伤流液都高于传统不覆盖^[9]。

1.3 对作物光合特性的影响

土壤水分胁迫首先作用于作物叶片,叶水势下降后,叶片生长、光合作用及光合产物的运输均随之下降^[12~16]。张吉祥等^[17]在杨凌对夏玉米光合特性的测定结果表明,秸秆覆盖使夏玉米的光合速率、蒸腾速率与不覆盖相比均有所增加,且随着秸秆覆盖量的增加作用越明显。我们于 2007~2009 年在陕西合阳春玉米的试验发现, $4\,500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理和对照(CK)平均净光合速率在 2008 年和 2009 年都呈现“单峰型”曲线变化,峰值在拔节期; $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\,500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理群体平均净光合速率两年都呈现“双峰型”曲线变化,峰值分别出现在拔节期和孕穗期,且前者高于后者^[18]。不同覆盖量处理的净光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)、气孔导度(G_s)、叶片瞬时水分利用效率($WUE_{\text{瞬时}}$)较 CK 均明显增加,光系统 II(PS II)的最大光化学量子产量(F_v/F_m)、PS II 潜在活性(F_v/F_0)和光化学淬灭系数(qP)较 CK 亦明显增强。于晓蕾^[19]在杨凌冬小麦试验的结果表明,不同秸秆覆盖量小麦旗叶的净光合速率以 $3\,000\text{ kg/hm}^2$ 的最大, $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 的次之,分别较不覆盖处理高 9.9% 和 4.6%, $9\,000$

kg/hm^2 处理最低,较不覆盖低 3.5%,覆盖量最多处理的作物光合速率最小,较小的两个覆盖量的光合速率均高于不覆盖。可见适宜的秸秆覆盖量可以提高作物的光合速率。

2 不同量秸秆覆盖的作物产量及水分利用效应

2.1 对作物产量构成因素的影响

禾谷类作物产量的主要构成因素(穗粒数和千粒重),都与其前期生长发育及后期的长势密切相关。籍增顺等^[9,10]在山西各地的研究表明,旱地秸秆覆盖免耕后,使拔节到授粉这一期间玉米生长的条件明显好于传统不覆盖,为玉米形成大穗打下了良好基础,后期功能叶片的持续时间延长,植株体内水分含量较高,为籽粒内干物质积累创造了较好条件,秸秆覆盖免耕玉米的穗粒数和千粒重较传统不覆盖分别高 17.7% 和 10.1%。王昕^[20]在宁南两年的研究结果表明,旱地春玉米秸秆覆盖量 $9\,000$ 、 $13\,500\text{ kg/hm}^2$ 较不覆盖穗粒数多 31.1~47.1 粒,百粒重增加 1.58~2.62 g,差异均达极显著水平;覆盖量 $4\,500\text{ kg/hm}^2$ 处理两年穗粒数分别较不覆盖处理高 3.5% 和 5.8%,差异达到显著水平,但百粒重与不覆盖处理无显著差异。

2.2 对作物产量的影响

秸秆覆盖的增产效应,尽管地区、年份和覆盖量不同,不同试验处理的产量结果存在较大差异,但总体来看,在一定覆盖量范围内,作物产量是随覆盖量的增加而呈上升趋势^[21~25]。同时需要指出的是,覆盖量少增产效果不明显,而覆盖量超过一定程度后,产量不再明显增加,甚至会造成减产。

秸秆覆盖后冬小麦的产量表现。韩思明等^[11]于 1986~1987 年在陕西旱地多点的试验结果表明,小麦产量随秸秆覆盖量的增加而相应增加,其中以覆盖量 $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 的增产效果最明显,与不覆盖相比,增产为 13.1%~23.5%,平均为 18.1%。刘婷^[26]于 2008~2009 年在陕西合阳的试验结果表明,残茬全程覆盖中以覆盖量 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 的产量最高,较不覆盖增产 65.7%,而 $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 和 $3\,000\text{ kg/hm}^2$ 的覆盖量处理间差异不显著,但均显著高于不覆盖,分别较不覆盖增产 57.34% 和 41.1%;播后生育期覆盖各覆盖量间产量差异不显著,但均显著高于不覆盖,覆盖量 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 、 $6\,000\text{ kg/hm}^2$ 和 $3\,000\text{ kg/hm}^2$ 分别较不覆盖增产 30.1%、30.2% 和 27.1%。可见,在相同覆盖量下以全程覆盖的增产

幅度明显大于播后生育期覆盖。于晓蕾等^[19]于 2005~2006 年在陕西杨凌的试验结果认为, 秸秆覆盖后, 回茬小麦产量以覆盖量 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 的最高, $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 次之, $3\ 000\text{ kg/hm}^2$ 最低, 分别较不覆盖增产 57.8%、33.4% 和 5.4%^[21]。

秸秆覆盖后夏玉米的产量表现。刘超等^[27]于 2007 年在陕西杨凌的试验结果是, 小麦秸秆覆盖对夏玉米有一定的增产作用, 覆盖量越大, 增产效果越好。覆盖量 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 、 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $12\ 000\text{ kg/hm}^2$ 各处理夏玉米单株产量较不覆盖分别增产 28.4%、48.2% 和 62.5%。但覆盖量与增产效果并不呈正比例关系, 具体表现为: 在 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 秸秆覆盖量处理单株平均产量较不覆盖增产 28.4%, $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理单株平均产量较 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理增产 15.6%, 当覆盖量增至 $12\ 000\text{ kg/hm}^2$ 时, 单株平均产量较 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理增产 9.6%。张俊鹏^[28]于 2007 年在河南夏玉米的试验结果认为, 各处理随覆盖量的增大产量逐渐增加, 覆盖量 $1\ 500$ 、 $4\ 500$ 、 $7\ 500\text{ kg/hm}^2$ 和 $10\ 500\text{ kg/hm}^2$ 处理和不覆盖处理相比, 产量分别增加 0.63%、3.15%、11.09% 和 13.61%。

秸秆覆盖后春玉米的产量表现。王昕等^[20]于 2007~2008 年在宁南旱区播后秸秆覆盖的试验表明, 高覆盖量处理具有较好增产效果, 且有随覆盖量增加而提高的趋势。 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 、 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量较不覆盖处理两年平均分别增产 0.85%、18.16% 和 18.34%; 但 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理与不覆盖相比无显著差异; $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 覆盖量处理相比, 两者间无明显差异。我们^[29]于 2008~2010 年在陕西合阳的全程秸秆覆盖试验结果表明, 春玉米 3 年平均产量随覆盖量增加而递增, 覆盖量 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$ 、 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 的处理与不覆盖处理相比, 分别增产 6.16%、13.91% 和 14.34%; 其中降水正常的 2010 年增产幅度最大, 较不覆盖分别增产 6.38%、19.82% 和 18.31%; 比较干旱的 2008 年次之, 较不覆盖分别增产 7.65%、16.19% 和 17.84%; 而降雨较多的 2009 年增产效果不明显, 较不覆盖分别增产 4.51%、6.04% 和 7.17%。

2.3 对作物水分利用效率的影响

作物水分利用效率是衡量自然降水利用程度高低的重要指标。大量试验表明, 秸秆覆盖各处理可以提高水分利用效率, 且随覆盖增加而提高。张俊鹏等^[28]研究表明, 夏玉米秸秆覆盖量 $1\ 500$ 、 $4\ 500$ 、

$7\ 500\text{ kg/hm}^2$ 和 $10\ 500\text{ kg/hm}^2$ 各处理的水分利用效率与不覆盖相比, 分别提高 2.09%、12.38%、23.77% 和 27.86%; 处理 $7\ 500\text{ kg/hm}^2$ 和 $10\ 500\text{ kg/hm}^2$ 两者差异很小, 未达显著水平^[29]。王昕等^[20]研究表明, 春玉米覆盖量 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 处理两年的水分生产效率分别为 $19.6\sim 20.2\text{ kg}/(\text{mm}\cdot\text{hm}^2)$ 和 $19.2\sim 19.4\text{ kg}/(\text{mm}\cdot\text{hm}^2)$, 均显著高于不覆盖处理; 覆盖量 $4\ 500\text{ kg/hm}^2$ 与不覆盖处理的水分利用效率差异不大^[22]。我们^[29]的研究表明, 旱地春玉米覆盖处理较不覆盖在干旱年份增幅最大, 正常年份次之, 丰水年最低。覆盖量 $4\ 500$ 、 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$ 和 $13\ 500\text{ kg/hm}^2$ 处理的 4 年平均水分利用效率, 较不覆盖处理分别提高 3.64%、9.57% 和 8.75%。而刘婷^[26]在旱地冬小麦的研究表明, 在全程覆盖方式和播后生育期覆盖方式下, 冬小麦的水分利用效率均以覆盖量 $3\ 000\text{ kg/hm}^2$ 处理最大, 其中全程覆盖方式较不覆盖增加 31.5%, 播后生育期覆盖方式较不覆盖增加 32.3%。但在秸秆覆盖量相同情况下, 全程覆盖方式与播后覆盖方式处理的水分利用效率无显著差异。

3 不同量秸秆覆盖研究存在的问题

大量研究表明, 秸秆覆盖技术的增产效应是应该肯定的, 而且也是不容置疑的。然而, 该技术不能实现高产或稳定高产, 和其它技术(包括灌水、施肥、管理)一样, 关键在于能否合理地进行运用。如果运用得当, 秸秆覆盖技术的综合效应就能得到充分发挥, 就能实现作物高产, 否则, 就可能出现不增产甚至减产。结合前人研究及我们课题组历年的定位试验, 就目前该领域研究存在的问题, 现归纳如下:

3.1 秸秆覆盖量问题

不同学者进行了大量秸秆覆盖量试验, 其根本目的是寻求不同地区、不同作物、不同时期适宜的秸秆覆盖量。韩思明等^[11]于 20 世纪 80 年代的试验结果认为, 在陕西渭北旱原冬小麦的适宜秸秆覆盖量应是 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$; 于晓蕾等^[19]的试验认为, 在陕西杨凌回茬旱地小麦的适宜秸秆覆盖量是 $6\ 000\text{ kg/hm}^2$; 张俊鹏等^[28]的试验指出, 在河南水浇地夏玉米的最佳秸秆覆盖量是 $7\ 500\text{ kg/hm}^2$; 刘超等^[27]指出, 在陕西杨凌夏玉米的适宜秸秆覆盖量是 $6\ 000\sim 9\ 000\text{ kg/hm}^2$; 张吉祥等^[17]试验认为, 陕西杨凌夏玉米的适易秸秆覆盖量是 $9\ 000\text{ kg/hm}^2$; 薛宗让等^[30]试验表明, 在山西太原、平定等地旱地春玉米

的适宜秸秆覆盖量是 $7\,500\sim 12\,000\text{ kg/hm}^2$, 在每公顷产量 $4\,500\sim 7\,500\text{ kg}$ 的地块, 其秸秆量就是适宜的覆盖量; 王兆伟等^[31]研究指出, 在山西寿阳旱地春玉米的最佳秸秆覆盖量是 $4\,500\text{ kg/hm}^2$; 籍增顺等的试验认为, 在山西忻州、平定等地, 旱地春玉米每公顷覆盖 $15\,000\text{ kg}$ 玉米秸秆应是免耕整秸秆半覆盖耕作法覆盖量的上限^[9]。综上, 由于不同地区和作物的差异, 每公顷适宜的秸秆覆盖量存在较大差异。但共同之处在于: 秸秆覆盖量既不能太少, 也不能太大。我们^[29, 32]的研究表明, 应从目前的生产实际出发, 并考虑田间操作的可行性, 不论什么地区, 不论什么作物, 也不论是什么时间覆盖, 应是将在 1 hm^2 的作物秸秆就地覆盖在 1 hm^2 的土地上较为适宜。陕西渭北高原旱地冬小麦每公顷产量 $4\,500\text{ kg}$, 其秸秆量大约就是 $5\,000\sim 6\,000\text{ kg/hm}^2$; 春玉米每公顷产量 $7\,500\text{ kg}$, 其秸秆量大约就是 $8\,000\sim 9\,000\text{ kg/hm}^2$; 关中平原水浇地小麦每公顷产量 $6\,000\text{ kg}$, 其秸秆量大约就是 $6\,500\sim 7\,500\text{ kg/hm}^2$, 玉米每公顷产量 $7\,000\text{ kg}$, 其秸秆量大约就是 $7\,500\sim 8\,000\text{ kg}$ 。

3.2 秸秆覆盖时间及年限问题

秸秆覆盖量确定之后, 在什么时间进行覆盖也非常重要。对一年一熟的冬小麦来说, 秸秆覆盖的时期应从上一茬冬小麦收获后的夏闲期开始, 可称之为“全程覆盖”, 这样就可把当地夏闲期占全年总降水量一半左右的降水较好地蓄积并保存于土壤之中; 对一年一熟的春玉米等作物来说, 秸秆覆盖时间应从上一茬秋作物收获后的冬闲期开始, 也可称为“全程覆盖”, 这样就可以把当地夏秋蓄积于土壤中的水分和冬春的降水最好地蓄积并保存起来^[18, 29]。韩思明等^[11]研究结果表明, 这样将会使小麦幼苗生长受到严重影响, 造成不增产甚至减产。这一点, 在其 1988 年发表的文章中已得出结论, 但却不能以此否定秸秆覆盖技术。对于冬小麦—夏玉米一年两熟地区来说, 不论是冬小麦之后种夏玉米, 还是夏玉米之后种冬小麦, 生产实践证明, 都应在秸秆覆盖的茬地上用免耕播种机一次完成带状松土(深松)、施肥、播种、镇压等项作业, 其效果好于试验播种之后再行覆盖秸秆。

我们^[23]在渭北旱塬不同年限免耕秸秆覆盖的试验表明, 土壤活性有机质、碳库管理指数和玉米经济产量均在免耕覆盖的前 5 a 随覆盖年限的延长而升高, 并明确指出渭北旱塬免耕秸秆覆盖的年限以 5 a~8 a 为宜, 而其他生态区秸秆覆盖的适宜年限

将是未来研究的重点。

3.3 秸秆覆盖的“低温效应”问题

秸秆覆盖的“低温效应”, 特别是对春播作物, 会使早期的生育受到抑制, 甚至会影响到以后的生育和产量。籍增顺等^[10]则认为, 秸秆覆盖免耕降低了春季土壤温度, 前期延缓了玉米生长, 易形成弱苗, 但同时消耗的土壤水分也较少, 若后期遇到了干旱年份, 这样形成了低温—弱苗的组合方式, 反而更利于提高玉米—土壤系统的抗旱性。即低温—弱苗缓和了大气—作物—土壤系统水分短缺的矛盾。张乃生等研究认为, “低温效应”抑制幼苗生长发育, 有利于提高作物水分利用效率, 增强抗旱能力; 而且会延长玉米的孕穗时间, 有利于形成大穗。秸秆覆盖免耕处理的穗长度一般比传统不覆盖处理增长 $2\sim 4\text{ cm}$, 穗粒数增加 $50\sim 100$ 粒, 同时指出在一般年份, 秸秆覆盖免耕造成的“低温效应”是有利的, 至少是无害的。但个别特殊年份则不然。例如冬春连旱, 进入高温季节阴雨天多, 温度偏低的情况下, 其不利影响就大一些。尽管如此, 也不会造成显著减产。克服“低温效应”的办法, 应采用休闲期全面覆盖、生育期带状覆盖(山西称为半覆盖)形式, 可在一定程度上减缓“低温效应”, 较全覆盖 $0\sim 20\text{ cm}$ 地温在播种期高 1.14°C 、三叶期高 1.09°C 、拔节期高 1.07°C 、全生育期高 0.9°C , 这样有利于协调秸秆覆盖中保水与降温的矛盾。为了实现旱地春玉米的高产或超高产, 还可采用“倒茬免耕两元带状覆盖膜侧种植技术”, 融“冬闲期倒茬覆盖免耕”与“生育期两元带状覆盖膜侧种植”两项技术的优点于一体, 综合调节旱作农田的水、肥、气、热条件, 最大限度地提高水分利用效率, 实现旱地春玉米的超高产^[34]。

3.4 秸秆覆盖的“他感效应”问题

从贾春虹的试验结果来看^[8], 作物秸秆经雨淋后的水溶性毒素物质——生化他感化合物, 对作物早期生长发育有严重抑制作用。这些物质在土壤中的含量变化, 随时间推移呈现由低到高再逐渐降低的发展趋势^[8]。马永清^[35]指出, 麦秸中毒素物质对小麦、玉米、棉花等的种子发芽和早期生长有着抑制作用, 毒素物质的释放及其作用过程与降雨等气候因素有着密切的关系, 也与秸秆覆盖方式、数量有着一定的联系。贾春虹^[8]研究认为, 玉米品种、麦秸长度、降雨量和麦秸还田方式影响麦秸“他感效应”。在 $4\,500\text{ kg/hm}^2$ 麦秸覆盖量下, 施用氮肥 195 kg/hm^2 , 可以减轻麦秸覆盖对玉米生长的不利影响, 而在 $9\,000\text{ kg/hm}^2$ 麦秸覆盖量下, 施氮肥不能减轻这

种不利影响。鉴于此,为了克服和减轻秸秆覆盖的生化他感效应,首先是适当减少秸秆覆盖量,即用每公顷生产的秸秆量覆盖在每公顷的土地上即可;其次是一年一熟冬麦区,在上茬小麦收后的夏闲期就开始覆盖,并进行深松,播后不要再增加新麦秸;一年一熟春玉米区,在上茬秋作物收获后,可采用整株压倒覆盖免耕方式,翌年春播种时将地面秸秆粉碎并采用带状覆盖方式,将玉米种在空带里,播后也不要增加新秸秆;一年两熟区,夏玉米播种时也可采用带状覆盖方式,把玉米种在没有秸秆覆盖的空带内;再次是播种时适量增加氮肥用量,这样既可调节碳氮比例,避免作物与微生物争氮,又可减轻有毒物质的抑制作用;最后是选择抗性强的作物品种,以避免由此而引起的生化他感负效应发生。

3.5 秸秆覆盖的增施氮肥问题

长期采用秸秆覆盖技术后,能够明显增加土壤有机质,但由于秸秆本身氮、磷含量较少,加之秸秆 C/N 比较大,在土壤微生物分解过程中需要消耗一定的氮素,这样就会产生作物与微生物互相争夺氮素的现象,因此,在秸秆覆盖后种植作物时,应增施一定数量的速效氮肥,一般在原计划施肥的基础,每公顷应再增施尿素 75 kg 左右,以调节碳氮比例,避免微生物与作物争夺氮肥^[36]。范丙全^[37]在旱地棉花的试验中指出,为防止残茬分解时微生物与棉花生长争夺氮素而使棉株发黄,应结合降雨追施少量氮素肥料。

3.6 秸秆覆盖的机具配套问题

秸秆覆盖技术要尽快广泛大面积应用于农业生产,发挥其应有的增产增收效果,必须与农业机具相结合,这是实现农业高效化的关键,也是大幅度提高劳动生产率、实现传统农业向现代农业转变的重要途径。大量生产实践证明,秸秆覆盖技术能够应用于生产,并受到广大农民群众欢迎,必须要有与之相配套的农机具。例如:前茬作物收获时要有收获籽粒(果穗)与秸秆粉碎同时作业的收获机,一次完成籽粒(果穗)收获和秸秆粉碎并均匀覆盖地面两项作业;在一年一熟地区,夏闲地如果要进行深松,为防止堵塞,收获秸秆时,就不能粉碎而应留高茬,这就需要秸秆粉碎深松机,一次完成秸秆粉碎和间隔深松两项作业;如果是冬闲地,要实行整秆压倒免耕,就需要有收穗、整株压倒机,一次完成收穗、压秆两项作业。冬小麦播种可采用免耕施肥播种机在覆盖秸秆的茬地上一次完成开沟、施肥、播种、镇压等项作业;春玉米播种,在秸秆整株压倒的地上,需先用

秸秆粉碎机粉碎被压倒的秸秆并均匀覆盖于地面,然后再用碎秆带状分离旋耕施肥播种机,一次完成碎秆分离、旋耕、施肥、播种、镇压等项作业。目前各地已有部分与秸秆覆盖技术农艺要求相配套的农机具,但在有些方面还缺少与之相配套的适宜机具。因此,亟待农机设计人员深入生产第一线,了解生产需要,并与农学方面的专家积极合作,尽快设计出与农艺要求相配套的农业机具,以便充分发挥农艺与农机相结合集成效益^[38]。

4 不同量秸秆覆盖的研究展望

纵观不同量秸秆覆盖的研究现状及存在问题,今后还需在以下几方面进行深入研究:

1) 秸秆覆盖作为现代保护性农业技术的中心内容,必将会广泛应用于生产。然而,不论是小麦秸秆还是玉米秸秆或其他秸秆,均含有对作物生长发育不利的生化他感化合物,同时,作物品种不同,其秸秆所含毒素物质的多少不一,作物对毒素物质的反应强弱也不一样,因此今后作物育种研究中也应把培育秸秆毒性小、耐性强的品种作为重要目标给予高度重视。此外,在关注不同量秸秆覆盖还田对农田保水、保土、增加土壤养分与农田土壤动物群落多样性的有利条件的同时,也应足够重视其“低温效应”,以便做好预防,减少其不利影响。

2) 不同量秸秆覆盖后对粮、油、果、蔬的品质有无影响,截止目前鲜见报道。今后除重视秸秆覆盖对作物产量的影响外,还应适当关注秸秆覆盖对作物品质的影响。

3) 尽快开展秸秆腐解程度试验。全程覆盖后,不同覆盖量腐解程度不一,致使秸秆还田量也存在较大差异,对土壤的水、温、肥,尤其对土壤碳库会存在较大影响,其中的机理研究应是进一步完善该措施的重要内容。

4) 为进一步快速准确反映土壤养分变化,纤维素酶、多酚氧化酶等和土壤碳循环相关酶的深入研究,应作为下一步研究的重点。

5) 因秸秆种类、长度、覆盖量、覆盖时间等因素对作物的生长发育影响不同,今后在不同的生态区应进一步做适应性比较研究。

6) 随着精准农业的快速发展,引入 DNDC、ROTHC26.3 和 DASST 等计算机模拟模型,模拟不同量秸秆覆盖条件下农作物产量、土壤固碳作用、土壤水、肥、热耦合效应,探明作物生长发育的关键胁迫因子,为生产和管理部门提供科学决策,这将会加速

该研究领域的长足发展。

参 考 文 献:

[1] 蔡太义,贾志宽,黄耀威.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[J].干旱地区农业研究,2011,29(5):63—68.

[2] Kim S, Gitz D, Sicher R, et al. Temperature dependence of growth, development, and photosynthesis in maize under elevated CO₂[J]. Environmental and Experimental Botany, 2007, 61(3):224—236.

[3] Sarkar S, Paramanick M, Goswami S. Soil temperature, water use and yield of yellow sarson (*brassica napus* L. Var. *Glauca*) in relation to tillage intensity and mulch management under rainfed lowland ecosystem in eastern india [J]. Soil and Tillage Research, 2007, 93(1):94—101.

[4] Unger P. Straw mulch effects on soil temperatures and sorghum germination and growth[J]. Agronomy Journal, 1978, 70(5):858.

[5] Bekku Y, Nakatsubo T, Kume A, et al. Effect of warming on the temperature dependence of soil respiration rate in arctic, temperate and tropical soils[J]. Applied Soil Ecology, 2003, 22(3):205—210.

[6] 马永清,韩庆华.不同玉米品种对麦秸覆盖引起的生化他感作用的差异性分析[J].生态农业研究,1993,1(4):65—69.

[7] 杨思存,霍琳,王建成.秸秆还田的生化他感效应研究初报[J].西北农业学报,2005,14(1):52—56.

[8] 贾春虹.小麦秸秆覆盖对玉米幼苗和马唐等杂草的化感效应研究[D].北京:中国农业大学,2005.

[9] 籍增顺,张乃生,刘杰.旱地玉米免耕整秸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.

[10] 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.

[11] 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,(3):1—12.

[12] 赵明,李少昆,王美云.影响玉米单叶水分利用效率内在因素的研究[J].中国农业大学学报,1997,2(1):89—94.

[13] Alexandrov V A, Hoogenboom G. The impact of climate variability and change on crop yield in bulgaria[J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000, 104(4):315—327.

[14] Earl H, Tollenaar M. Using chlorophyll fluorometry to compare photosynthetic performance of commercial maize (*Zea mays* L.) hybrids in the field[J]. Field Crops Research, 1999, 61(3):201—210.

[15] 许大全,丁勇,沈允钢.C₄植物玉米叶片光合效率的日变化[J].植物生理学报,1993,19(1):43—48.

[16] 蔡太义,贾志宽,杨宝平,等.不同秸秆覆盖量对春玉米冠层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.

[17] 张吉祥,汪有科,负学锋,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.

[18] 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].陕西杨凌:西北农林科技大学,2011.

[19] 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.

[20] 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.

[21] Ji S, Unger P. Soil water accumulation under different precipitation, potential evaporation, and straw mulch conditions[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001, 65(2):442.

[22] Unger P. Straw-mulch rate effect on soil water storage and sorghum yield[J]. Soil Sci Soc Am J, 1978, 42(3):486—491.

[23] Duley F L, J C R. The use of crop residues for soil and moisture conservation[J]. J Amer Soc Agron, 1939, 31(3):703—709.

[24] Shama P, Abrol V, Shama R K. Impact of tillage and mulch management on economics, energy requirement and crop performance in maize-wheat rotation in rainfed subhumid inceptisols, India[J]. European Journal of Agronomy, 2011, 34(1):46—51.

[25] Wicks G A, Crutchfield D A, Burnside O C. Influence of wheat (*triticum aestivum*) straw mulch and metolachlor on corn growth and yield[J]. Weed Sci, 1994, 42(1):141—147.

[26] 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.

[27] 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.

[28] 张俊鹏,孙景生,刘祖贵,等.不同麦秸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.

[29] 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.

[30] 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.

[31] 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.

[32] 蔡太义,贾志宽,黄耀威.不同秸秆覆盖量对春玉米田蓄水保墒及节水效益的影响[J].农业工程学报,2011,27(增刊1):238—243.

[33] 蔡太义,黄耀威,黄会娟,等.不同年限免耕秸秆覆盖对土壤活性有机碳和碳库管理指数的影响[J].生态学杂志,2011,30(9):1962—1968.

[34] 薛少平,韩少明,乔志荣.旱地春玉米倒茬免耕两元带状覆盖膜侧种植技术与应用前景[J].干旱地区农业研究,2010,28(4):140—144.

[35] 马永清,毛仁钊,刘孟雨,等.小麦秸秆的生化他感效应[J].生态学杂志,1993,12(5):36—38.

[36] 高云超,朱文珊,陈文新.秸秆覆盖免耕土壤微生物生物量与养分转化的研究[J].中国农业科学,1994,27(6):41—49.

[37] 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.

[38] 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.

Recent progress of research on comprehensive effects of different rates of straw mulch on rained farming areas in China

II. Problems and prospects of study on effects of different rates of straw mulch on physiological ecology of crops

CAI Tai-yi^{1,2}, HUANG Hui-juan², HUANG Yao-wei³, JIA Zhi-kuan^{2*},
YANG Bao-ping¹, ZHANG Rui¹, HAN Qing-fang¹, NIE Jun-feng¹

(1. Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan 454000, China; 2. Research Institute of
Water-saving Agriculture in China's Arid Area, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Henan Provincial Department of Agriculture, Zhengzhou, Henan 450008, China)

Abstract: Firstly, effects of different rates of straw mulch on crop physiology, yield and water use efficiency are reviewed in the paper. Secondly, the difficulties on the research are summarized. Finally, the possible solutions for the future are discussed.

Keywords: straw mulch rate; ecological effect; rained farming areas

(上接第 103 页)

Study on effects of technique of wide plastic-film mulching on soil water and soil temperature for seed-melon on dryland covered with sand

FU Qin-min¹, WANG Cai-bin², LIU Sheng-xue²

(1. Gansu Provincial Station of Water-saving Agriculture and Soil and Fertilizer Management, Lanzhou, Gansu 730020, China;
2. Huining County Agro-technical Extension Center, Huining, Gansu 730100, China)

Abstract: Field plot experiments were conducted to analyze and investigate the effect of technique of wide plastic-film mulching on soil water and soil temperature for seed-melon on dryland covered with sand. The results showed that the technique of wide film mulching could collect and keep soil water and increase soil water content for seed-melon significantly. Compared with no film mulching (CK), full film mulching, wide film mulching and half film mulching increased water content of 0~20 cm soil layer by 0~3.5%, 0~3.4% and 0~2.6% respectively, and increased water storage of 1m soil layer by 0~34.3 mm, 0~33.0 mm and 0~20.3 mm respectively before seed-melon anthesis. The technique increased field rainfall use rate and seed-melon water use efficiency remarkably. The rainfall use rates of field with full film mulching, wide film mulching and half film mulching reached 78.5%, 78.2% and 74.1% respectively, while the seed-melon water use efficiencies of them reached 10.15 kg/(mm·hm²), 10.05 kg/(mm·hm²) and 8.22 kg/(mm·hm²) respectively. The technique enhanced soil effective accumulated temperature significantly in seed-melon growing period and made the average temperature reach the best for seed-melon growing. Compared with no film mulching, full film mulching, wide film mulching and half film mulching increased the average temperature of 0~20 cm soil layer by 0~4.6°C, 0~4.4°C and 0~2.4°C respectively before melon expanding, increased total accumulated temperature by 484.7°C, 465.5°C and 242.7°C respectively, and increased average accumulated temperature by 3.8°C, 3.6°C and 1.9°C respectively. Compared with the technique of full film mulching, half film mulching and no film mulching, the technique of wide film mulching had remarkable economic effects. So it was the best mulching mode for dryland covered with sand at present.

Keywords: seed-melon; dryland covered with sand; wide film mulching; effect on soil water; effect on soil temperature