

引用格式:

张杰瑜, 马友华, 时光宇, 高大林, 陆笑舒, 鲁洪娟. 覆盖材料对旱稻生长环境的影响及其产量效应[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版), 2021, 47(2): 219–224.

ZHANG J Y, MA Y H, SHI G Y, GAO D L, LU X S, LU H J. Effects of coverings on the growth environment and yield of aerobic rice[J]. Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences), 2021, 47(2): 219–224.

投稿网址: <http://xb.hunau.edu.cn>



覆盖材料对旱稻生长环境的影响及其产量效应

张杰瑜¹, 马友华^{2,3}, 时光宇⁴, 高大林³, 陆笑舒³, 鲁洪娟^{2,3*}

(1.六安职业技术学院城市建设学院, 安徽 六安 237158; 2.农田生态保育与污染防治安徽省重点实验室, 安徽 合肥 230036; 3.安徽农业大学资源与环境学院, 安徽 合肥 230036; 4.安徽省淠史杭灌区灌溉试验总站, 安徽 六安 237158)

摘要: 设置地膜覆盖、小麦秸秆覆盖、油菜壳覆盖、青草覆盖和无覆盖(对照)共 5 个处理, 通过田间随机区组试验, 研究 4 种覆盖材料对旱稻田间生长环境、氮肥利用情况及产量的影响。结果表明: 4 种覆盖材料均具有较好的保墒作用, 小麦秸秆、油菜壳和青草 3 种覆盖材料在有效保墒的同时, 又可较好地利用天然降水; 地膜覆盖可明显增加旱稻的土壤温度, 而小麦秸秆、油菜壳和青草覆盖则可保持土壤温度处于相对较稳定的范围; 4 种覆盖材料均不同程度增加了土壤的速效氮、有效磷、速效钾质量分数, 提高了土壤肥力, 尤其是小麦秸秆覆盖和油菜壳覆盖处理的速效氮、有效磷、速效钾质量分数均显著高于对照的; 地膜覆盖、小麦秸秆覆盖、油菜壳覆盖、青草覆盖处理的旱稻较对照分别增产 9.9%、16.9%、22.5%、8.5%。综合本研究中旱稻田间生长环境和产量因子各要素, 油菜壳覆盖具有较好的吸水、保水、隔热作用, 同时可较好的利用天然降水, 增强旱稻种植时土壤涵养水分、养分的能力, 是当地旱稻覆盖材料的最佳选择, 小麦秸秆次之。

关键词: 旱稻; 地膜; 小麦秸秆; 油菜壳; 青草; 生长环境; 速效养分; 氮素积累量; 产量

中图分类号: S511.6

文献标志码: A

文章编号: 1007-1032(2021)02-0219-06

Effects of coverings on the growth environment and yield of aerobic rice

ZHANG Jieyu¹, MA Youhua^{2,3}, SHI Guangyu⁴, GAO Dalin³, LU Xiaoshu³, LU Hongjuan^{2,3*}

(1.School of City Construction, Lu'an Vocational Technical College, Lu'an, Anhui 237158, China; 2.Anhui Province Key Laboratory of Farmland Ecological Conservation and Pollution Prevention, Hefei, Anhui 230036, China; 3.School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei, Anhui 230036, China; 4.The General Irrigation Experiment Station of Pishihang Irrigation Area of Anhui Province, Lu'an, Anhui 237158, China)

Abstract: To understand the effect of different coverings on the field environment and nitrogen using efficiency of aerobic rice, five treatments used plastic film, wheat straw, rapeseed hull, grass, and uncovered bare land as control with 3 replicates were applied to aerobic rice. The results indicated that plastic film mulching had good warming and water retention effects. Wheat straw, rapeseed hull and grass mulching were affective for good heat insulation and water retention. It also had effective utilization for rainwater. It was found that all these coverings did well in promoting the growth quality and increasing the yield of aerobic rice. Rice yields increased by 9.9%, 16.9%, 22.5% and 8.5% comparing to no coverings. Four coverings increased the available nitrogen, phosphorus and potassium contents of the soil, and improved soil fertility. Among all the coverings, wheat straw and rapeseed hull had the best effect on supplying fertilizer. Take all the factors for growth and yield in this study into consideration, the rapeseed hull is the best choice of

收稿日期: 2020-02-28

修回日期: 2020-03-20

基金项目: 农田生态保育与污染防治安徽省重点实验室开放基金项目(FECP201905); 天津市农业环境与农产品安全重点实验室开放基金项目(2019-01); 安徽省自然科学基金项目(1608085QD86)

作者简介: 张杰瑜(1963—), 男, 安徽霍邱人, 硕士, 副教授, 主要从事农学和农业推广研究, 27945117@qq.com; *通信作者, 鲁洪娟, 博士, 主要从事植物营养与农产品安全研究, hjl@ahau.edu.cn

dry cover for aerobic rice, and then is by wheat straw.

Keywords: aerobic rice; plastic film; wheat straw; rapeseed hull; grass; growth environment; available nutrient; nitrogen accumulation; yield

20世纪80年代以来,水稻(*Oryza sativa* L.)节水栽培研究取得了重大进展^[1-2]。水稻旱作可提高水分利用率,有效地解决水稻的供水问题,是一项节约水资源和增加作物产投比的重要举措^[3-5]。使用地膜和作物秸秆等覆盖是种植旱稻的常用措施,其在土壤保湿、增温、培肥及促进作物生长、改善土壤结构和提高有机物质的含量等方面效果显著,同时可促进农作物秸秆的资源化利用,保证农业生态系统的可持续发展^[6-8]。本研究中,以不同覆盖材料为研究对象,探索在不同材料覆盖下旱稻生长环境的差异性,同时探讨覆盖材料对旱稻氮素利用情况和产量的影响,旨在为旱稻栽培技术的提高和优化及农业秸秆的资源化利用提供依据。

1 试验区概况

试验于2018年4—10月在江淮地区淠史杭灌溉试验总站(N31°50′、E116°34′)进行。该试验站地处低山丘陵地区,属暖温带与亚热带过渡地带,无霜期220~230 d,年平均气温15℃左右,年平均降水量为800~1100 mm,降水时空分布非常不均匀。

2 材料与方法

2.1 供试材料

供试旱稻品种为新两优6号。供试土壤为黄褐土,其有机质、速效氮、有效磷、速效钾质量分数分别为15.6、72.9、26.2、130.3 mg/kg。覆盖材料包括地膜、小麦秸秆、油菜壳和青草4种。其中小麦秸秆的氮、磷、钾质量分数分别为0.42%、0.06%、1.22%;油菜壳的氮、磷、钾质量分数分别为0.87%、0.21%和2.15%;青草(来自路边的杂草)的氮、磷、钾质量分数分别为0.32%、0.16%、1.01%。

2.2 试验设计

试验设4个不同材料覆盖处理,分别为地膜覆盖(A)、小麦秸秆覆盖(B)、油菜壳覆盖(C)、青草覆盖(D),同时以无覆盖的裸地作为对照(CK)。处理A覆盖厚度为0.008 mm的地膜,地膜按行宽裁剪成条;处理B覆盖7500 kg/hm²的小麦秸秆;处理C覆盖7500 kg/hm²的油菜壳;处理D覆盖7500

kg/hm²的青草。每个处理设置3次重复,随机区组排列。每个小区在耕地后施氮肥(尿素)、磷肥(过磷酸钙)、钾肥(氯化钾)分别为300、150、150 kg/hm²,所有肥料均作基肥施用。于5月6日播种,采用旱育秧,并对苗床期施肥、浇水等实行统一管理。各小区覆盖处理后,于6月9日插秧,1 d内插完。插秧前,选取秧苗特征基本一致的旱稻苗进行栽插,栽插密度为35 cm×20 cm,各小区均插5行,每行插秧37穴,每穴1株。待秧苗成活后及时查苗、补苗,确保各处理苗数一致。所有处理在旱稻分蘖期浇水2次,在抽穗期和灌浆期各浇水1次。

2.3 取样与测定方法

于6月24日旱稻分蘖中期,在降雨(24 h降水量13.4 mm)结束后,使用直径5 cm、高5 cm的环刀取土样2次,采用烘干法测定土壤含水量。6月15日开始,每天的08:00—18:00,每隔2 h用温湿度测量仪测定行间相对湿度,连续测定30 d(阴雨天除外)。在旱稻分蘖期每天的06:00—18:00,每隔2 h用地温表测定地下5 cm处的土壤温度。旱稻收获前每个小区采集5穴有代表性的植株进行考种,测定穗粒数、有效穗数、千粒质量;旱稻成熟后,每小区单独收割脱粒测产,同时采集籽粒和地上部样品用于测定旱稻氮肥利用情况,采集0~15 cm土层土壤用于测定土壤速效养分质量分数。参照文献[9]的方法,土壤样品经风干、磨细后,采用1.0 mol/L NaOH扩散法、0.5 mol/L NaHCO₃浸提-钼锑抗比色法、1.0 mol/L CH₃COONH₄浸提-火焰光度法分别测定速效氮、有效磷、速效钾质量分数;旱稻样品经烘干、磨细、H₂SO₄-H₂O₂消解后,采用凯氏定氮法测定氮素质量分数,同时计算旱稻的地上部氮素积累量和收获指数。

2.4 数据处理与分析

运用Excel 2007进行图表处理,利用SPSS 19.0进行方差分析和LSD多重比较检验。

3 结果与分析

3.1 覆盖材料对旱稻土壤含水量的影响

从表1可以看出,降雨结束时,处理A、CK、

D、B、C 的土壤含水量依次增加，A 的土壤含水量较 CK 的降低 10.04%，B、C、D 的土壤含水量较 CK 的分别增加 9.72%、10.79%、4.02%；降雨结束 7 d 时，CK、D、B、C、A 的土壤含水量依次增加，A、B、C、D 的土壤含水量较 CK 分别提高 51.25%、33.64%、35.05%、22.43%。

表 1 降雨后不同材料覆盖的旱稻土壤含水量

Table 1 Soil moisture contents of aerobic rice with different coverings after rainfall

处理	土壤含水量/%	
	降雨结束	降雨结束 7 d
A	(14.34±4.54)b	(9.71±2.93)a
B	(17.49±3.21)a	(8.58±4.00)a
C	(17.66±4.33)a	(8.67±3.91)a
D	(16.58±5.01)ab	(7.86±2.38)ab
CK	(15.94±2.99)b	(6.42±1.39)b

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

3.2 覆盖材料对旱稻行间相对湿度的影响

从旱稻的行间相对湿度看，不同覆盖材料处理的变化规律基本一致(图1)。所有处理旱稻行间相对湿度均在14:00左右降到最低值，此时A的行间相对湿度最低，C的行间相对湿度最高，但所有处理间的行间相对湿度差异均无统计学意义。

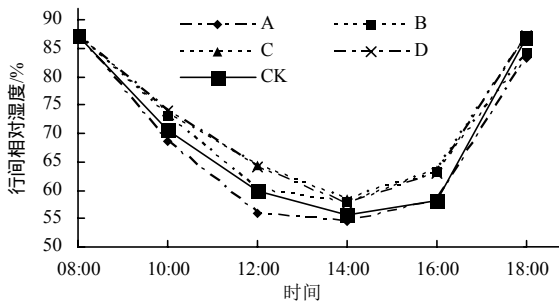


图 1 不同材料覆盖的旱稻行间相对湿度

Fig.1 Relative humidity between rows of aerobic rice with different coverings

3.3 覆盖材料对旱稻土壤温度的影响

从图2可知，土壤温度的最低值出现在06:00，此时CK的土壤温度在所有处理中最低，A的土壤温度显著高于CK的($P<0.05$)；14:00时，土壤温度达到最高值，A、CK、B、D、C的土壤温度依次降低，其中A的土壤温度显著高于其他处理的($P<0.05$)，C的土壤温度显著低于CK的($P<0.05$)；从同一天不同时间段的地温变化看，CK和A的田间升温 and 降温都

比较快，温差较大，而B、C、D的土壤温度变化较小，作物秸秆的保温作用较为明显；整体来看，旱稻土壤地下5 cm平均土壤温度表现为A、CK、B、D、C的依次降低，其中，A的平均土壤温度显著高于其他处理的($P<0.05$)，说明地膜覆盖对旱稻的土壤起到极强的增温作用，而麦秸、油菜壳、青草覆盖对地温的影响较小。

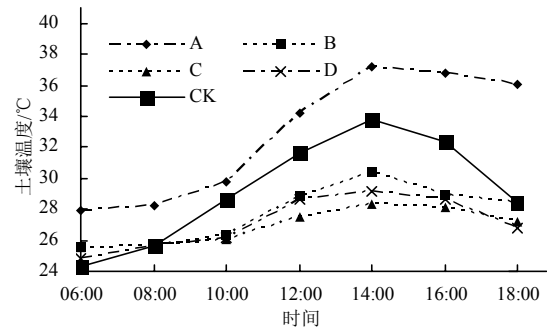


图 2 不同材料覆盖的旱稻土壤温度

Fig.2 Soil temperature of aerobic rice with different coverings

3.4 覆盖材料对旱稻氮素利用情况的影响

从表 2 可知，同等施肥条件下，A、B、C 和 D 的籽粒氮素积累量较 CK 分别增加 54.5%、47.6%、57.9%和 42.0%，且 A、B、C 的旱稻籽粒氮素积累量显著高于 CK 的($P<0.05$)，说明不同覆盖处理均能有效提高旱稻籽粒的氮素积累量；A 和 C 的旱稻地上部氮素积累量显著高于 CK 的($P<0.05$)；旱稻的氮素收获指数为 48.1%~55.9%，各处理间的差异无统计学意义。

表 2 不同材料覆盖的旱稻氮肥利用情况

Table 2 Nitrogen uptake of aerobic rice with different coverings

处理	氮素积累量/(kg·hm ⁻²)		氮素收获指数/%
	籽粒	地上部	
A	(110.0±20.3)a	(228.9±40.3)a	48.1±10.3
B	(105.1±19.6)a	(209.8±59.5)ab	50.1±20.8
C	(112.4±37.9)a	(223.5±51.1)a	50.3±19.5
D	(101.1±26.8)ab	(196.5±22.8)ab	51.5±19.0
CK	(71.2±17.9)b	(127.3±24.1)b	55.9±19.4

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义($P<0.05$)。

3.5 覆盖材料对旱稻产量因子的影响

由表 3 可以看出，千粒质量各处理间的差异无统计学意义；B 和 C 的有效穗数显著高于 CK 的($P<0.05$)；B、C 和 D 的穗粒数显著高于 CK 的($P<0.05$)；各覆盖处理的产量较 CK 均有一定程度

的增加, A、B、C、D 较 CK 分别增产 9.9%、16.9%、22.5%、8.5%, 其中 B 和 C 的产量显著高于 CK 的 ($P < 0.05$)。

表 3 不同材料覆盖的早稻产量因子

处理	有效穗数/ ($\times 10^4 \cdot \text{hm}^{-2}$)	穗粒数	千粒质量/g	产量/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)
A	(204.3±49.3)ab	(142.3±16.3)ab	26.8±7.4	(5497.3±503.9)ab
B	(211.5±58.0)a	(147.5±279)a	26.3±9.9	(5849.1±1002.5)a
C	(218.6±40.0)a	(152.4±39.2)a	26.9±7.1	(6129.3±1493.3)a
D	(196.2±38.9)ab	(150.7±20.8)a	26.4±4.8	(5428.3±699.9)ab
CK	(182.8±40.4)b	(132.6±21.0)b	27.0±7.8	(5003.5±1028.2)b

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

3.6 覆盖材料对早稻土壤速效养分的影响

由表 4 可以看出, B 和 C 的土壤速效氮质量分数显著高于 CK 的 ($P < 0.05$); B、C 和 D 的土壤有效磷质量分数显著高于 CK 的 ($P < 0.05$); B 和 C 的速效钾质量分数显著高于 D 和 CK 的 ($P < 0.05$)。B 和 C 的土壤速效氮、有效磷、速效钾质量分数均显著高于 CK 的。

表 4 不同材料覆盖的早稻土壤速效养分质量分数

Table 4 Soil available nutrient contents of aerobic rice with different coverings

处理	质量分数/($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)		
	速效氮	有效磷	速效钾
A	(54.4±10.1)ab	(52.6±18.0)ab	(72.9±18.5)ab
B	(60.3±16.3)a	(62.8±20.6)a	(78.3±15.1)a
C	(63.9±16.8)a	(65.6±18.9)a	(83.2±21.9)a
D	(53.4±17.3)ab	(59.5±13.8)a	(66.7±24.8)b
CK	(46.0±15.1)b	(50.2±18.1)b	(68.3±20.9)b

同列不同字母示处理间的差异有统计学意义 ($P < 0.05$)。

4 结论与讨论

本研究中, 使用地膜作为覆盖物的情况下, 因地膜不透水、降雨时径流多, 降低了土壤对天然降雨的吸纳能力, 从而导致降雨刚刚结束时土壤含水量低于其他处理; 覆盖油菜壳、小麦秸秆、青草则有利于吸纳雨水和含蓄水分, 故而增加了降雨结束时的土壤含水量。虽然地膜覆盖接纳的雨水少于对照, 但后期土壤水分蒸发量少, 保水能力最强, 降雨结束 7 d 后, 土壤含水量最高; 小麦秸秆、油菜壳、青草覆盖条件下, 土壤水分蒸发的速度较地膜覆盖稍快, 但由于降雨过程中土壤接纳的雨水较

多, 在降雨结束 7 d 后仍能保持较高的含水量; 对照处理渗水能力弱、蒸发快, 故土壤含水量最低。即不同覆盖材料均有较好的保墒作用, 覆盖地膜虽然保墒效果最好, 但降低了对天然降水的利用效率。小麦秸秆、油菜壳和青草覆盖, 既能起到有效保墒的作用, 又有利于充分利用降水。其他研究^[10-11]也表明, 秸秆作为覆盖材料可降低农作物的棵间蒸发量, 从而提高土壤的含水量。方文松等^[12]研究也表明, 使用秸秆等农业废弃物可抑制植物生长前期土壤表层的水分蒸发, 增加土壤的保水能力, 同时促进农作物生长后期的蒸腾作用, 从而提高农作物对水分的利用效率。

本研究中, 地膜覆盖对早稻土壤起到极强的增温作用, 作物秸秆则具有较好的保温作用, 可保持土壤温度处于相对比较稳定的范围。这与 CUELLO 等^[13]和 YU 等^[14]的研究结果一致。兰雪梅等^[15]也曾报道, 覆盖秸秆可有效平抑土壤温度的激变。在初春或者阴雨天较多的情况下, 地膜覆盖有利于稻田土壤增温、保温, 促进水稻生长发育; 而夏季等环境温度较高时, 利用秸秆等覆盖材料可有效隔热, 防止环境温度过高, 为水稻中后期生育创造适宜的温度条件。姚健等^[16]和程宏波等^[17]也得出了相似的结论。

本研究中, 不同材料覆盖均有效提高了早稻籽粒和地上部的氮素积累量, 尤其是覆盖地膜处理的效果更好, 这可能是由于秸秆类覆盖物 C/N 较高, 促进土壤中微生物将更多的无机态氮转化为有机态氮, 相对于地膜覆盖, 秸秆类覆盖物降低了氮素的有效性^[18]。马军等^[19]试验结果表明, 不同覆盖材料均不同程度促进了土壤中氮素的矿化, 增加了早稻对氮肥的利用效率。

本研究中, 使用覆盖材料不同程度地增加了早稻的有效穗数和穗粒数, 产量随之增加, 覆盖处理的产量均高于对照的。由于小麦秸秆和油菜壳保墒性能较好, 可改善稻田土壤的水、热状况, 并在腐烂过程中释放养分, 促进早稻生长, 增产方面效果明显^[20-22]。谭军利等^[23]研究也表明, 覆膜和覆草均可减少土壤的水分蒸发, 增加土壤的贮水能力, 提高作物对水分的利用效率, 促进作物的生长。

本研究中, 不同材料覆盖处理均增加了土壤速效养分的含量, 特别是油菜壳、小麦秸秆的覆盖处

理,均显著增加了土壤的速效氮、有效磷、速效钾质量分数,这和任江波等^[24]的研究结果类似。覆盖栽培增加了土壤微生物量碳和微生物量氮的含量,增加了土壤氮素净矿化速率,从而增加了土壤无机氮的含量,且油菜壳和小麦秸秆含有丰富的氮、磷、钾,秸秆的分解使土壤的速效氮、有效磷及速效钾质量分数增加,可显著提高作物的产量^[25-26]。

本研究中,从旱稻田环境,土壤水、肥、气、热的协调,旱稻氮素利用率和增产因素等综合考虑,油菜壳处理的效果最好,小麦秸秆处理的效果次之。旱稻栽培技术推广过程中,可考虑大力推广覆盖物覆盖的栽培技术,鼓励农户使用油菜壳、小麦秸秆等农作物副产品作为稻田覆盖物^[27]。这不仅有效地提升旱稻生产过程中土壤肥力和土壤保蓄水分的能力,实现旱稻的稳产和增产,同时还解决了农作物秸秆废弃物的循环再利用问题,有效解决当前农村秋冬作物收获后因秸秆焚烧带来的环境污染问题。

参考文献:

- [1] 买文选,布哈丽且木·阿不力孜,张波,等.不同栽培模式下水稻产量差异的研究[J].中国农学通报,2019,35(36):1-5.
MAI W X, BUHALIQEM A, ZHANG B, et al. Rice yield under different cultivation patterns[J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2019, 35(36): 1-5.
- [2] 陈世杰,江长胜,倪雪,等.地膜覆盖对稻-油轮作农田温室气体排放的影响[J].环境科学,2019,40(9):4213-4220.
CHEN S J, JIANG C S, NI X, et al. Effect of plastic film mulching on greenhouse gas emissions from rice-rape seed rotation in cropland[J]. Environmental Science, 2019, 40(9): 4213-4220.
- [3] 唐海明,肖小平,李超,等.冬季覆盖作物秸秆还田对双季稻田根际土壤微生物群落功能多样性的影响[J].生态学报,2018,38(18):6559-6569.
TANG H M, XIAO X P, LI C, et al. Effects of recycling straw of different winter covering crops on rhizospheric microbial community functional diversity in a double-cropped paddy field[J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(18): 6559-6569.
- [4] LI Z, ZHANG R, WANG X, et al. Effects of plastic film mulching with drip irrigation on N₂O and CH₄ emissions from cotton fields in arid land[J]. The Journal of Agricultural Science, 2014, 152(4): 534-542.
- [5] 王玉竹,周萍,王娟,等.亚热带几种典型稻田与旱作土壤中源输入秸秆的分解与转化差异[J].生态学
- 报,2017,37(19):6457-6465.
WANG Y Z, ZHOU P, WANG J, et al. Decomposition and transformation of input straw in several typical paddy and upland soils in subtropical China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(19): 6457-6465.
- [6] HE H B, YANG R, WU L Q, et al. The growth characteristics and yield potential of rice (*Oryza sativa*) under non-flooded irrigation in arid region[J]. Annals of Applied Biology, 2016, 168(3): 337-356.
- [7] 朱自玺,方文松,赵国强,等.麦秸和残茬覆盖对夏玉米农田小气候的影响[J].干旱地区农业研究,2000,18(2):19-24.
ZHU Z X, FANG W S, ZHAO G Q, et al. Effects of straw and residue mulching on microclimate of summer corn field[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2000, 18(2): 19-24.
- [8] 彭志芸,丁峰,谌洁,等.麦油稻轮作秸秆还田与施氮对水稻光合特性及产量的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2020,46(3):253-261.
PENG Z Y, DING F, SHEN J, et al. Effects of straw mulching and nitrogen management on photosynthetic characteristics and yield of direct seeding rice under wheat rape rice rotation[J]. Journal of Hunan Agricultural University (Natural Sciences), 2020, 46(3): 253-261.
- [9] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
LU R K. Agrochemical Analysis of Soil[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2000.
- [10] 胡发龙,柴强,殷文.少耕秸秆覆盖对小麦间作玉米棵间蒸发的影响研究[J].农业现代化研究,2013,34(6):754-757.
HU F L, CHAI Q, YIN W. Effect of stubble mulching and reduced tillage on soil evaporation in wheat-maize intercropping[J]. Research of Agricultural Modernization, 2013, 34(6): 754-757.
- [11] 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.
WANG Z W, HAO W P, GONG D Z, et al. Effect of straw mulch amount on dynamic changes of soil moisture and temperature in farmland[J]. Chinese Journal of Agrometeorology, 2010, 31(2): 244-250.
- [12] 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.
FANG W S, ZHU Z X, LIU R H, et al. Study on microclimate characters and yield-increasing mechanism in straw mulching field[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2009, 27(6): 123-128.
- [13] CUELLO J P, HWANG H Y, GUTIERREZ J, et al. Impact of plastic film mulching on increasing greenhouse gas emissions in temperate upland soil during maize

- cultivation[J]. *Applied Soil Ecology*, 2015, 91: 48–57.
- [14] YU Y X, JIA H T, ZHAO C Y. Evaluation of the effects of plastic mulching and nitrapyrin on nitrous oxide emissions and economic parameters in an arid agricultural field[J]. *Geoderma*, 2018, 324: 98–108.
- [15] 兰雪梅, 黄彩霞, 李博文, 等. 不同覆盖材料对西北旱地冬小麦地温及产量的影响[J]. *麦类作物学报*, 2016, 36(8): 1084–1092.
- LAN X M, HUANG C X, LI B W, et al. Effect of different mulching materials on soil temperature and yield of winter wheat in northwest arid land of China[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2016, 36(8): 1084–1092.
- [16] 姚健, 王丁, 张显松, 等. 不同地表覆盖方式对土壤水分、温度及幼苗生长的影响[J]. *南京林业大学学报(自然科学版)*, 2009, 33(5): 7–11.
- YAO J, WANG D, ZHANG X S, et al. Effects of different types of mulches on soil moisture, temperature and seedling growth[J]. *Journal of Nanjing Forestry University (Natural Science Edition)*, 2009, 33(5): 7–11.
- [17] 程宏波, 牛建彪, 柴守玺, 等. 不同覆盖材料和方式对旱地春小麦产量及土壤水温环境的影响[J]. *草业学报*, 2016, 25(2): 47–57.
- CHENG H B, NIU J B, CHAI S X, et al. Effect of different mulching materials and methods on soil moisture and temperature and grain yield of dryland spring wheat in northwestern China[J]. *Acta Prataculturae Sinica*, 2016, 25(2): 47–57.
- [18] 艾应伟, 刘学军, 张福锁, 等. 旱作与覆盖方式对水稻吸收利用氮的影响[J]. *土壤学报*, 2004, 41(1): 152–155.
- AI Y W, LIU X J, ZHANG F S, et al. Utilization rate of nitrogen fertilizer of rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by mulch and dryland farming[J]. *Acta Pedologica Sinica*, 2004, 41(1): 152–155.
- [19] 马军, 雷江, 李发永, 等. 不同覆盖措施对滴灌枣园土壤水热及矿质氮素的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2016, 34(1): 147–153.
- MA J, LEI J, LI F Y, et al. Effects of covering methods on soil water, temperature and nitrogen of jujube orchard under drip irrigation[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2016, 34(1): 147–153.
- [20] XIE Z K, WANG Y J, LI F M. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China[J]. *Agricultural Water Management*, 2005, 75(1): 71–83.
- [21] 黄萍, 曹辉, 张瑞雪, 等. 苹果根系生理和叶片光合对地面不同覆盖物的差异反应[J]. *中国农业科学*, 2018, 51(1): 160–169.
- HUANG P, CAO H, ZHANG R X, et al. Different response of apple root physiology and leaf photosynthesis to mulching of different materials[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2018, 51(1): 160–169.
- [22] 易镇邪, 刘书波, 陈冬林, 等. 不同复种制下秸秆还田对水稻生产能力的影晌[J]. *湖南农业大学学报(自然科学版)*, 2013, 39(6): 565–569.
- YI Z X, LIU S B, CHEN D L, et al. Effect of straw returning to field on rice productivity in different cropping systems[J]. *Journal of Hunan Agricultural University(Natural Sciences)*, 2013, 39(6): 565–569.
- [23] 谭军利, 王林权, 李生秀. 地面覆盖的保水增产效应及其机理研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2008, 26(3): 50–54.
- TAN J L, WANG L Q, LI S X. The effect of mulching on soil water storage and grain yields of maize and their mechanisms[J]. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2008, 26(3): 50–54.
- [24] 任江波, 李钠钾, 秦平伟, 等. 不同覆盖材料对土壤理化性状和微生物量碳氮含量的影响[J]. *西南农业学报*, 2018, 31(10): 2140–2145.
- REN J B, LI N J, QIN P W, et al. Effect of different mulching materials on physical and chemical characteristics of soil and microbial biomass[J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2018, 31(10): 2140–2145.
- [25] 李换平, 张永仙, 江解增, 等. 小麦秸秆截段覆盖对设施蔬菜产量和土壤性质的影响[J]. *北方园艺*, 2019(17): 14–20.
- LI H P, ZHANG Y X, JIANG J Z, et al. Effects of intercept wheat straw returning on facility soil properties and plant yield quality[J]. *Northern Horticulture*, 2019(17): 14–20.
- [26] 党昆. 秸秆还田和地膜覆盖对稻区土壤理化性质及水稻产量的影响[D]. 长春: 吉林农业大学, 2019.
- DANG K. Soil research mechanism of combining straw returning with plastic film mulching to increase rice yield[D]. Changchun: Jilin Agricultural University, 2019.
- [27] 鄢铮. 稻草不同覆盖厚度对甘薯产量和氮代谢的影响[J]. *热带作物学报*, 2018, 39(3): 433–437.
- YAN Z. Impact of different thickness of straw covering on the yield and nitrogen metabolism in sweet potato varieties[J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39(3): 433–437.

责任编辑: 邹慧玲
英文编辑: 柳正