

# 夏闲期不同覆盖方式对旱地小麦水氮利用和产量的影响

陈秀文, 赵护兵\*, 毛安然, 李紫燕, 翟丙年

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨凌 712100)

**摘要:** 针对黄土高原旱作农业区降水较少且与冬小麦生长需水规律错位和水氮利用率不高的问题, 探寻该区冬小麦夏闲期覆盖保墒效果最好和提高产量的最优模式。于 2017 ~ 2018 年在黄土高原典型旱作农业区陕西省永寿县御驾宫村进行大田试验, 共设无氮处理、农户常规对照、夏闲期垄膜沟秸覆盖、夏闲期全膜覆盖、夏闲期秸秆覆盖 5 个处理, 旨在探明夏闲期不同覆盖方式对旱地小麦水氮吸收利用和产量的影响。与农户常规对照模式相比, 夏闲期全膜覆盖和秸秆覆盖 2 个处理增加了地上部生物量和产量, 且夏闲期秸秆覆盖的增加幅度更大, 而夏闲期垄膜沟秸覆盖降低了地上部生物量和产量。夏闲期垄膜沟秸覆盖、夏闲期全膜覆盖和夏闲期秸秆覆盖较农户常规对照, 夏闲期末 0 ~ 200 cm 土层土壤蓄水量分别增加了 65.7、107.6 和 145.0 mm, 夏闲期秸秆覆盖与夏闲期垄膜沟秸覆盖处理相比, 差异达显著水平; 成熟期土壤蓄水量分别增加了 18.9、31.5 和 32.3 mm, 但是 3 种覆盖处理与对照相比, 差异均未达显著水平。夏闲期各覆盖处理相比较农户常规对照模式, 水分利用效率都有提高的趋势。夏闲期秸秆覆盖处理较农户常规对照模式, 其籽粒吸氮量、地上部吸氮量以及氮肥利用效率均有提高的趋势; 而夏闲期垄膜沟秸覆盖和全膜覆盖 2 个处理有降低籽粒吸氮量、地上部吸氮量以及氮肥利用效率的趋势。因此, 3 种夏闲期覆盖方式都有利于蓄积夏闲期降水, 提高播前底墒; 其中以夏闲期秸秆覆盖保墒效果最好, 增产效果也最为显著, 适合在西北旱地小麦生产区域推广应用。

**关键词:** 夏闲期覆盖; 土壤水分; 氮素吸收; 产量

小麦是全球主要粮食作物之一, 近几年中国小麦产量一直稳居世界第一<sup>[1]</sup>。中国 35% 的人口以小麦为主食<sup>[2]</sup>, 由于中国人口的持续增加和人民生活水平的不断提高, 小麦的需求量和消耗量也在不断增长, 因此, 利用有限的土地资源生产更多的小麦就成为当前小麦生产面临的重大挑战<sup>[3]</sup>。黄土高原是我国主要粮食产区之一, 其面积约有 4 000 万  $\text{hm}^2$ <sup>[4]</sup>, 其中冬小麦的种植面积为 1 760 万  $\text{hm}^2$ , 约占总面积的 44%<sup>[5]</sup>。由于该区是典型的旱作农业区, 且每年降水分布不均衡, 2/3 的降水主要分布在夏季休闲期 (即 7 ~ 9 月份), 冬小麦生育期内的降水却很少, 因此, 最大程度地保蓄夏闲期降水对该区冬小麦生产有重要的意义<sup>[6]</sup>。最大程度地保蓄夏闲期降水可以显著提高播前底墒<sup>[7]</sup>, 这对旱

地小麦的产量形成非常重要。研究表明, 播前底墒与冬小麦的产量具有显著的正相关关系<sup>[8]</sup>, 甚至冬小麦产量的 47% 都是来自播前底墒<sup>[9]</sup>。夏季休闲期地膜覆盖与不覆盖相比, 冬小麦播前 0 ~ 280 cm 土层的底墒显著提高<sup>[10]</sup>, 水分利用效率提高 5%<sup>[11]</sup>, 冬小麦产量提高 11%<sup>[12]</sup>。

夏闲期覆盖是保蓄夏闲期降水, 提高播前底墒的重要途径, 目前对旱地冬小麦的夏闲期覆盖保水栽培措施研究主要集中在塑料地膜覆盖保水方面, 但对秸秆覆盖的保水研究较少<sup>[13-15]</sup>。本研究在黄土高原旱地冬小麦种植区陕西省永寿县御驾宫村进行大田试验, 以夏闲期垄膜沟秸覆盖、夏闲期全膜覆盖和夏闲期秸秆覆盖为研究对象, 研究夏闲期不同覆盖方式对旱地冬小麦的产量、保水效果和氮素利用的影响, 旨在探寻旱地冬小麦夏闲期覆盖的最优方式, 为旱地冬小麦稳产高产与环境友好型的农业发展技术提供新的途径和理论依据。

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 试验地点

试验于 2017 ~ 2018 年在陕西省咸阳市永

收稿日期: 2019-05-15; 录用日期: 2019-08-04

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2018YFD0200403); 国家科学技术支撑计划 (2015BAD23B04); 中央高校基本科研业务经费 (2452015046); 农业公益性行业科研专项 (201503124); 杨凌示范区科技计划项目 (2018-GG-29)。

作者简介: 陈秀文 (1994-), 女, 甘肃定西人, 在读硕士, 主要从事植物营养与肥料方面的研究。E-mail: 2896492870@qq.com。

通讯作者: 赵护兵, E-mail: zhaohubing@hotmail.com。

寿县御驾宫村进行。该地区位于黄土高原的南部,属于暖温带半湿润大陆性气候,年平均气温为 10.8℃,年平均降水量为 550 mm,且 2/3 的降水主要集中在夏季休闲期(即 7~9 月份),是典型的旱作农业区。潜在蒸发量为 807.4 mm,无霜期为 210 d。供试土壤的基本理化性状为:pH 值为 8.18,有机质含量为 11.7 g/kg,全氮含量为 0.87 g/kg,硝态氮含量为 14.5 mg/kg,铵态氮含量为 2.7 mg/kg,有效磷含量为 10.7 mg/kg,速效钾含量为 99.9 mg/kg,容重为 1.25 g/cm<sup>3</sup>。2017 年小麦收获后到 2018 年小麦收获后累积降水量 586 mm,其中小麦生育期降水量 314 mm,2017 年夏季休闲期降水量 272 mm。

## 1.2 试验设计与材料

该试验为 6 年定位试验,共设 5 个处理,本研究在前 5 年(2012~2017 年)基础上进行。前 5 年各处理分别是无氮处理,农户常规对照模式,周年垄覆沟播,周年全膜穴播和周年秸秆覆盖(3 个覆盖处理均为夏闲期和生长期全年覆盖)。第 6 年(2017~2018 年)处理将前 5 年周年覆盖改为夏闲期覆盖,5 个处理分别是无氮处理(不施氮肥,夏闲期不覆盖),农户常规对照模式(施氮肥,但是在夏闲期不覆盖),夏闲期垄膜沟秸覆盖,夏闲期全膜覆盖,夏闲期秸秆覆盖(3 个覆盖处理只在夏闲期覆盖,在冬小麦播种前去除覆盖物,小麦播种同农户常规播种方式一致)。在 6 年试验中,每年 5 个处理全部施用磷肥,施用量(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)为 127.5 kg/hm<sup>2</sup>,农户常规对照模式和 3 个覆盖处理共计 4 个处理,每年施纯氮 150 kg/hm<sup>2</sup>,供试氮肥为尿素(N 46%),磷肥为过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%)。无氮处理和农户常规对照模式在冬小麦收获后一星期内把秸秆全部移走;夏闲期垄膜沟秸覆盖处理是在小麦收获后起垄覆盖(40 cm 宽农用普通白色地膜,垄上覆膜,沟内覆秸秆);夏闲期全膜覆盖是在小麦收获后整地覆 1 m 宽农用普通白色地膜,膜上覆土 1 cm,每隔 20 cm 打一行孔,孔距(相邻两孔距离)为 12 cm,以备夏闲期降水入渗;夏闲期秸秆覆盖是在小麦收获后覆盖秸秆,秸秆用量为 10 t/hm<sup>2</sup>。每个处理重复 4 次,随机区组排列,小区面积 48 m<sup>2</sup>(12 m×4 m)。

本试验季冬小麦于 2017 年 9 月 23 日播种,2018 年 6 月 15 日收获。试验品种为洛早 6 号,氮

肥、磷肥均作为基肥施入,在播前均匀撒入相应小区后翻入耕层并耙平,播种量为 150 kg/hm<sup>2</sup>,播种行距 20 cm。小麦生长季进行“一喷三防”作业。

## 1.3 测定项目与方法

产量和生物量:在小麦成熟后每小区随机取 3 m<sup>2</sup>长势均匀的小麦植株,计算产量和生物量。

土壤蓄水量:在播前和收获后用土钻取 0~200 cm 土样(每 20 cm 为一层),用烘干法测定土壤含水量,土壤含水量以水分占干土重的百分数来表示。

籽粒、秸秆和颖壳含氮量:在测完产量之后选取适量籽粒、秸秆和颖壳,磨碎后用浓硫酸和过氧化氢消煮,消煮完全后用连续流动分析仪测定籽粒、秸秆和颖壳含氮量。

## 1.4 数据处理与分析

土壤蓄水量:  $WS = \rho_i \times h_i \times w_i \times 10$   
式中:WS 为蓄水量,mm;ρ 为土壤容重,g/cm<sup>3</sup>;h 为土壤深度,cm;w 为土壤含水量,%;i 为土层;10 为换算系数。

生育期耗水量(mm):  $ET = WS_{BS} + P - WS_{AH}$   
式中:ET 为生育期耗水量,mm;WS<sub>BS</sub> 为播前土壤蓄水量,mm;P 为生育期降水量,mm;WS<sub>AH</sub> 为收获后土壤蓄水量,mm。

水分利用效率:  $WUE = Y/ET$   
式中:WUE 为水分利用效率,kg/(hm<sup>2</sup>·mm);Y 为产量,kg/hm<sup>2</sup>。

籽粒吸氮量(g/kg) = 籽粒氮含量 × 产量 / 1000  
地上部吸氮量(kg/hm<sup>2</sup>) = (籽粒氮含量 × 产量 + 秸秆氮含量 × 秸秆生物量 + 颖壳氮含量 × 颖壳生物量) / 1000。

氮素利用效率(%) = (施氮区地上部氮素累积量 - 不施氮区地上部氮素累积量) / 纯氮 × 100。

采用 Excel 2016 软件处理数据,SPSS 21.0 软件进行统计分析,用 LSD 法进行差异显著性检验,显著性水平为 0.05。

## 2 结果与分析

### 2.1 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦地上部生物量和产量的影响

产量和地上部生物量的变化趋势一致(图 1)。夏闲期垄膜沟秸覆盖处理相比较农户常规对照,产量和地上部生物量有降低的趋势,其中产量降低了 3.2%,地上部生物量降低了 4.5%。而夏闲期全膜

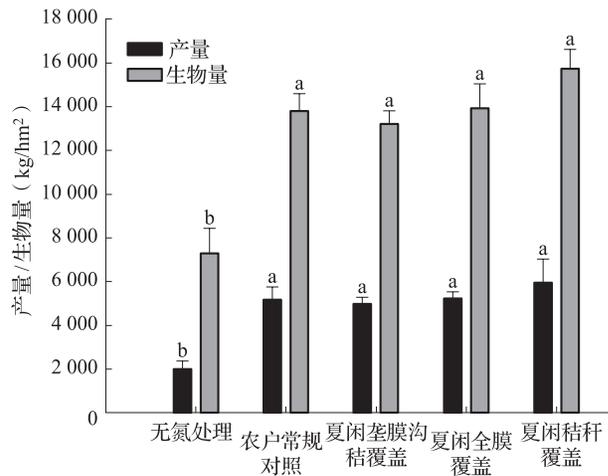


图1 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦地上部生物量和产量的影响

注: 不同小写字母表示 LSD 检验在 0.05 水平上的差异显著性。

覆盖与秸秆覆盖相比较农户常规对照, 产量和地上部生物量有增加的趋势, 产量分别增加了 2.2% 和 15.3%, 地上部生物量分别增加了 0.7% 和 13.6%, 且

夏闲期秸秆覆盖处理的增幅大于夏闲期全膜覆盖处理。无氮处理的产量和生物量均显著低于其他 4 个处理。

### 2.2 夏闲期不同覆盖方式对土壤蓄水量、耗水量及水分利用效率的影响

与夏闲期无覆盖的农户常规对照模式相比, 夏闲期覆盖增加了夏闲期和收获期的土壤蓄水量 (表 1)。夏闲期垄膜沟秸覆盖、夏闲期全膜覆盖和夏闲期秸秆覆盖较农户常规对照, 夏闲期末土壤蓄水量分别增加了 65.7、107.6 和 145.0 mm, 增幅分别为 33.1%、119.2% 和 195.1%, 且夏闲期秸秆覆盖与夏闲期垄膜沟秸覆盖处理相比, 差异达显著水平; 成熟期土壤蓄水量分别增加了 18.9、31.5 和 32.3 mm, 增幅分别为 6.8%、11.3% 和 11.6%, 但是 3 种覆盖处理与农户常规对照相比, 差异均未达显著水平。无氮处理在夏闲期末的土壤蓄水量低于其他 4 个处理, 且与夏闲期秸秆覆盖的差异达显著水平; 但在成熟期的土壤蓄水量显著高于其他 4 个处理。

表 1 夏闲期不同覆盖方式对土壤蓄水量、耗水量及水分利用效率的影响

| 处理        | 上季收获后土壤蓄水量 (mm) | 播种期土壤蓄水量 (mm) | 夏闲期土壤蓄水量 (mm) | 成熟期土壤蓄水量 (mm) | 生育期耗水量 (mm) | 水分利用效率 [kg/(hm <sup>2</sup> ·mm)] |
|-----------|-----------------|---------------|---------------|---------------|-------------|-----------------------------------|
| 无氮处理      | 364.2a          | 412.3ab       | 48.1b         | 359.1a        | 394.5b      | 4.4b                              |
| 农户常规对照    | 324.9b          | 374.6b        | 49.8b         | 278.5b        | 437.4b      | 11.5a                             |
| 夏闲期垄膜沟秸覆盖 | 322.7b          | 388.5b        | 65.7b         | 297.4b        | 432.2b      | 11.6a                             |
| 夏闲期全膜覆盖   | 330.7ab         | 438.3ab       | 107.6ab       | 310.0b        | 469.6ab     | 11.8a                             |
| 夏闲期秸秆覆盖   | 319.6b          | 464.6a        | 145.0a        | 310.8b        | 495.1a      | 12.2a                             |

注: 同列数字后不同小写字母表示 LSD 检验在 0.05 水平上的差异显著性, 下同。

与农户常规对照相比, 夏闲期秸秆覆盖处理显著提高了生育期耗水量; 但是夏闲期全膜覆盖呈提高的趋势, 差异未达显著水平; 夏闲期垄膜沟秸覆盖有降低生育期耗水量的趋势。无氮处理的生育期耗水量低于其他 4 个处理, 且与夏闲期秸秆覆盖的差异达显著水平。夏闲期各覆盖处理相比较农户常规对照模式, 水分利用效率都有提高的趋势, 无氮处理的水分利用效率均显著低于其他 4 个处理。

### 2.3 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦氮素吸收、氮肥利用率的影响

与农户常规对照相比, 夏闲期秸秆覆盖处理有增加冬小麦籽粒吸氮量和地上部吸氮量的趋势 (表 2)。其中, 籽粒吸氮量增加了 3.3%, 地上部

吸氮量增加了 4.7%。而夏闲期垄膜沟秸覆盖和夏闲期全膜覆盖处理有降低籽粒吸氮量和地上部吸氮量的趋势。其中, 夏闲期垄膜沟秸覆盖处理籽粒吸氮量降低了 15.9%, 地上部吸氮量降低了 23.7%; 夏闲期全膜覆盖处理籽粒吸氮量降低了 17.8%, 地上部吸氮量降低了 18.2%。无氮处理的籽粒吸氮量和地上部吸氮量均显著低于其他 4 个处理。

与农户常规对照相比, 夏闲期秸秆覆盖处理有增加氮肥利用率的趋势, 其氮肥利用率增加了 6.4%。而夏闲期垄膜沟秸覆盖和全膜覆盖处理有降低氮肥利用率的趋势, 其中, 夏闲期垄膜沟秸覆盖处理降低了 35.1%, 夏闲期全膜覆盖处理降低了 26.4%。

表2 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦氮素吸收、  
氮肥利用率的影响

| 处理        | 地上部<br>吸氮量<br>(kg/hm <sup>2</sup> ) | 籽粒<br>吸氮量<br>(g/kg) | 氮肥<br>利用率<br>(%) |
|-----------|-------------------------------------|---------------------|------------------|
| 无氮处理      | 41.4b                               | 24.6b               | —                |
| 农户常规对照    | 157.6a                              | 100.0a              | 38.7a            |
| 夏闲期垄膜沟秸覆盖 | 127.4a                              | 86.3a               | 28.7a            |
| 夏闲期全膜覆盖   | 133.4a                              | 85.0a               | 30.7a            |
| 夏闲期秸秆覆盖   | 165.1a                              | 103.4a              | 41.2a            |

### 3 讨论

#### 3.1 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦产量的影响

王红丽等<sup>[16]</sup>研究表明,全膜穴播较露地对照增产49%~88%。在陕西省长武县的定位试验表明,地膜覆盖5年平均增产6%<sup>[17]</sup>。在陕西关中平原的试验表明,在冬小麦和玉米轮作体系中,垄覆沟播能提高冬小麦的产量<sup>[2]</sup>。山西晋南的试验研究表明,夏季休闲期深翻覆膜较不覆膜可提高穗数、穗粒数和产量,且除穗粒数之外差异均达显著水平<sup>[10]</sup>。在本研究中,夏闲期全膜覆盖提高了冬小麦的产量,这与前人的研究结果一致;但是夏闲期垄膜沟秸覆盖却降低了冬小麦的产量,这是因为本试验前5年是周年垄覆沟播处理。前人在研究中发现,垄覆沟播增加产量的最优管理方案是播种量为113~123 kg/hm<sup>2</sup>,施氮量为197~214 kg/hm<sup>2</sup><sup>[18]</sup>。而本研究前5年的播种量为150 kg/hm<sup>2</sup>,施氮量为150 kg/hm<sup>2</sup>,过高的播种量和过低的施氮量导致土壤中的氮素亏缺,从而造成本季试验冬小麦减产。为了在垄覆沟播模式下冬小麦持续增产,本试验研究结果表明,要合理增施氮肥和减少种植密度<sup>[19]</sup>,这与前人的研究结果一致。

土壤水分和氮肥是限制旱地冬小麦产量提高的两大主要因素<sup>[20]</sup>。研究表明,施用氮肥有明显的增产效果,平均每1 kg氮素增产小麦15.5~33 kg<sup>[21]</sup>。在本研究中,施用氮肥也显著地提高了冬小麦的产量。在3种夏闲期覆盖处理中,夏闲期秸秆覆盖处理的增产作用最显著,与农户常规对照模式相比,产量增加了15.3%。这主要是因为夏闲期秸秆覆盖处理与其他2种覆盖处理相比,在整个夏闲期储蓄了更多的自然降水,在夏闲期末土壤蓄水量比上季收获时增加了145.0 mm,而夏闲期全膜覆盖与夏闲期垄膜沟秸覆盖分别仅仅增加了

107.6和65.7 mm。其次,秸秆是土壤氮素的重要来源之一<sup>[22]</sup>。本研究前5年的周年秸秆覆盖使播前土壤中矿质氮含量从第1季的155 kg/hm<sup>2</sup>增加到第5季的168 kg/hm<sup>2</sup>,而周年垄覆沟播的播前土壤矿质氮含量从第1季的155 kg/hm<sup>2</sup>下降至第5季的79.0 kg/hm<sup>2</sup>,周年全膜穴播的播前土壤矿质氮含量从第1季的155 kg/hm<sup>2</sup>下降至第5季的68.4 kg/hm<sup>2</sup>。因此,到本试验年夏闲期秸秆覆盖处理中有更多的土壤水分和氮素供冬小麦生长,从而使冬小麦增产更多。

地膜覆盖具有明显的增温和保墒效果,可使小麦增产30%以上<sup>[23]</sup>,是当前黄土高原旱作区应用最广泛的覆盖技术<sup>[24]</sup>。但是由于覆膜引起的“白色污染”和大量的土壤水肥消耗问题,已经制约了该技术的大面积推广,目前已经引起科研人员的普遍关注<sup>[25]</sup>。目前,黄土高原地区小麦生产面临着绿色生产和可持续发展的挑战,秸秆覆盖是实现西北旱地小麦绿色生产和可持续发展的有效途径。然而由于黄土高原旱作农业区有效积温有限,所以周年秸秆覆盖会降低土壤温度,从而影响小麦的发芽出苗和前期营养生长,导致小麦减产<sup>[26]</sup>。而夏闲期秸秆覆盖既可以解决秸秆覆盖保水与降温之间的矛盾,还是有利于旱地小麦绿色生产和可持续发展的无污染途径,适合此地区推广应用。

#### 3.2 夏闲期不同覆盖方式对土壤蓄水量、耗水量及水分利用效率的影响

黄土高原旱地麦田土壤水分补给的唯一来源是降水,特别是该区每年2/3的降水分布在夏季休闲期,该时期土壤水分的多少决定着冬小麦播前的土壤墒情<sup>[27]</sup>,因此最大程度地保蓄夏闲期降水对旱地冬小麦的高产高效有重要意义<sup>[28]</sup>。Stagnari等<sup>[29]</sup>研究表明,秸秆覆盖具有显著的蓄水保墒作用,且王庆杰等<sup>[30]</sup>研究表明,土壤含水量与秸秆覆盖量之间呈线性关系,含水量随着秸秆覆盖量的增加而增加。也有研究表明,夏闲期地膜覆盖与不覆盖相比,夏闲期末0~2 m土壤蓄水量增加了7~123 mm,夏闲期蓄水保墒率为34%~58%<sup>[31]</sup>,水分利用效率提高了7%~20%<sup>[32]</sup>,生育期耗水量增加了6~31 mm<sup>[33]</sup>。在本研究中,3种夏闲期覆盖处理较农户常规对照模式,其播种期和收获期土壤蓄水量都有增加的趋势,不论是播种期还是成熟期,夏闲期秸秆覆盖的土壤蓄水量增幅最大,这是因为秸秆覆盖的渗水能力比地膜覆盖强,而且本研

究的秸秆覆盖用量很大,为 10 t/hm<sup>2</sup>,而夏闲期全膜覆盖是在膜上打了孔用来渗水,夏闲期垄膜沟秸覆盖只是在沟内覆了少量的秸秆,所以夏闲期秸秆覆盖的保水效果最好。此外,由于无氮处理的产量显著低于其他 4 个处理,所以生育期耗水量比较低,水分利用效率也显著低于其他 4 个处理,导致无氮处理在成熟期的土壤蓄水量显著高于其他 4 个处理。夏闲期垄膜沟秸覆盖较农户常规对照,降低了冬小麦生育期耗水量,这是因为夏闲期垄膜沟秸覆盖降低了冬小麦产量。

### 3.3 夏闲期不同覆盖方式对冬小麦氮素吸收、氮肥利用率的影响

植株氮素的吸收、利用与土壤水分状况有很大关系<sup>[34]</sup>,氮肥利用效率是植株矿质养分吸收和利用能力的重要指标。研究发现,与不施氮相比,施用氮肥可显著提高小麦地上部分的氮素累积量和氮肥利用效率<sup>[35]</sup>。在本研究中,无氮处理的籽粒含氮量和地上部吸氮量也显著低于其余 4 个施氮处理,这与前人的研究结果相同。在河北省吴桥县的研究表明,在施氮量相同的情况下,水分高的处理可提高花后氮素累积量<sup>[36]</sup>。任爱霞等<sup>[32]</sup>研究表明,夏闲期覆膜较不覆膜可显著促进植株氮素吸收。而在本研究中,2 种夏闲期地膜覆盖方式的籽粒吸氮量、地上部吸氮量和氮素利用效率较农户常规对照模式均有降低的趋势,这与前人的研究有所不同。主要原因如前文所述,前 5 年周年覆膜导致土壤中氮素亏缺,虽然地膜覆盖具有良好的保水效果,但是冬小麦生长后期氮肥不足影响了植株对氮素的吸收。

赵建明等<sup>[37]</sup>的研究表明,秸秆覆盖可以增加土壤有机氮的矿化,在地表进行秸秆覆盖可以提高土壤肥力。在安徽的 3 年定位试验研究发现,连续秸秆覆盖可显著提高 0 ~ 5、5 ~ 15、15 ~ 25 cm 土层土壤矿质氮含量,而且随着秸秆覆盖时间的延长和秸秆用量的增加,这 3 个土层的土壤矿质氮含量的增幅也在增加<sup>[22]</sup>。秸秆覆盖在地表时,腐解速度会变慢,覆盖物与土壤微生物之间的接触会减少,微生物不会和小麦发生争氮现象,所以土壤中有更多的氮素可供小麦生长和发育<sup>[38]</sup>。除此之外,秸秆是土壤氮素的重要来源之一,秸秆覆盖会释放有机氮,释放的有机氮会随着降水进入土壤,进入土壤的有机氮是作物生长后期可以吸收利用的潜在氮源。有研究发现,覆盖在土壤表面的秸秆提供的

<sup>15</sup>N,其中有 10.2% 进入到了冬小麦中<sup>[39]</sup>。在本研究中,由于前 5 年全年的秸秆覆盖,使土壤中的氮素有所增加。因此,在本年度的试验中,夏闲期秸秆覆盖处理较农户常规对照模式,其籽粒吸氮量、地上部吸氮量、氮素利用效率均有提高的趋势。

## 4 结论

本研究通过夏闲期不同覆盖处理对旱地冬小麦播前及收获后蓄水量、耗水量、产量及生物量、籽粒含氮量以及地上部吸氮量等的研究发现,夏闲期覆盖能够有效保蓄夏闲期降水,提高播前和收获期土壤蓄水量。夏闲期垄膜沟秸覆盖处理的地上部生物量、产量、籽粒含氮量、地上部吸氮量较农户常规对照模式都有降低的趋势;而夏闲期全膜覆盖和秸秆覆盖处理都有增加的趋势,且夏闲期秸秆覆盖处理的增加幅度更大。综合比较,夏闲期秸秆覆盖不仅能够获得较高产量,而且还具有良好的环境效应。因此,这种覆盖栽培技术是一种绿色可持续的种植模式,有利于干旱地区冬小麦可持续生产,适合在西北旱地小麦生产区域推广。

## 参考文献:

- [1] 彭丽. 基于 MODIS 和气象数据的陕西省小麦与玉米产量估算模型研究 [D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [2] Li C, Wang C, Wen X, et al. Ridge-furrow with plastic film mulching practice improves maize productivity and resource use efficiency under the wheat-maize double-cropping system in dry semi-humid areas [J]. *Field Crops Research*, 2017, 203: 201-211.
- [3] Fouilleux E, Bricas N, Alpha A. 'Feeding 9 billion people': global food security debates and the productionist trap [J]. *Journal of European Public Policy*, 2011, (4): 1-20.
- [4] Chen Y, Liu T, Tian X, et al. Effects of plastic film combined with straw mulch on grain yield and water use efficiency of winter wheat in Loess Plateau [J]. *Field Crops Research*, 2015, 172: 53-58.
- [5] Jin K, Cornelis W M, Schiettecatte W, et al. Effects of different management practices on the soil-water balance and crop yield for improved dryland farming in the Chinese Loess Plateau [J]. *Soil & Tillage Research*, 2007, 96 (1-2): 131-144.
- [6] 郑国璋, 郑玮, 孙敏, 等. 旱地小麦休闲期地膜覆盖对土壤水分和产量的影响 [J]. *沈阳农业大学学报*, 2015, 46(3): 357-362.
- [7] 罗俊杰, 王勇, 樊廷录. 旱地不同生态型冬小麦水分利用效率对播前底墒的响应 [J]. *干旱地区农业研究*, 2010, 28 (1): 61-65.
- [8] 罗俊杰, 黄高宝. 底墒对旱地冬小麦产量和水分利用效率的

- 影响研究 [J]. 灌溉排水学报, 2009, 28 (3): 102-104.
- [9] Huang M, Gallichand J, Zhong L. Water-yield relationships and optimal water management for winter wheat in the Loess Plateau of China [J]. Irrigation Science, 2004, 23 (2): 47-54.
- [10] 赵红梅, 杨艳君, 李洪燕, 等. 旱地麦田休闲期深翻下全年覆膜技术对土壤水分、小麦产量及品质的影响 [J]. 山西农业科学, 2017, 45 (4): 561-566.
- [11] 刘爽, 武雪萍, 吴会军, 等. 休闲期不同耕作方式对洛阳冬小麦农田土壤水分的影响 [J]. 中国农业气象, 2007, 28 (3): 292-295.
- [12] 李青, 高志强, 孙敏, 等. 夏闲期施肥与覆盖处理对旱地冬小麦产量和土壤水分利用的影响 [J]. 麦类作物学报, 2011, 31 (3): 519-523.
- [13] 陈梦楠, 孙敏, 高志强, 等. 旱地麦田休闲期覆盖对土壤水分积耗的影响及与产量的关系 [J]. 中国农业科学, 2016, 49 (13): 2572-2582.
- [14] 张萌, 孙敏, 高志强, 等. 旱地麦田休闲期覆盖保水与植株氮素运转及产量的关系 [J]. 应用生态学报, 2016, 27(1): 117-124.
- [15] 原亚琦, 孙敏, 林文, 等. 旱地麦田夏覆盖和磷肥调控对小麦籽粒碳氮积累的影响 [J]. 华北农学报, 2019, 34 (1): 131-139.
- [16] 王红丽, 宋尚有, 张绪成, 等. 半干旱区旱地春小麦全膜覆土穴播对土壤水热效应及产量的影响 [J]. 生态学报, 2013, 33 (18): 5580-5588.
- [17] He G, Wang Z, Li F, et al. Soil water storage and winter wheat productivity affected by soil surface management and precipitation in dryland of the Loess Plateau, China [J]. Agricultural Water Management, 2016, 171: 1-9.
- [18] 师日鹏, 上官宇先, 李娜, 等. 播种量和施氮量对垄沟覆膜栽培冬小麦花后生理性状的影响 [J]. 应用生态学报, 2012, 23 (3): 758-764.
- [19] 高亚军, 杨君林, 陈玲, 等. 旱地冬小麦不同栽培模式、施氮量和种植密度土壤水分利用状况 [J]. 干旱地区农业研究, 2007, 25 (3): 45-50.
- [20] Cossani C M, Slafer G A, Savin R. Co-limitation of nitrogen and water, and yield and resource-use efficiencies of wheat and barley [J]. Crop and Pasture Science, 2010, 61 (10): 844.
- [21] 赵新春, 王朝晖. 半干旱黄土区不同施氮水平冬小麦产量形成与氮素利用 [J]. 干旱地区农业研究, 2010, 28 (5): 65-70.
- [22] 武际, 郭熙盛, 鲁剑巍, 等. 连续秸秆覆盖对土壤无机氮供应特征和作物产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2012, 45 (9): 1741-1749.
- [23] 吴从林, 黄介生, 沈荣开. 地膜覆盖在冬小麦全生育期内增温保墒作用的试验研究 [J]. 中国农村水利水电, 2001, (8): 7-9.
- [24] 马忠明, 白玉龙, 薛亮, 等. 不同覆膜栽培方式对旱地土壤水热效应及西瓜产量的影响 [J]. 中国农业科学, 2015, 48 (3): 514-522.
- [25] 宋亚丽, 杨长刚, 李博文, 等. 秸秆带状覆盖对旱地冬小麦产量及土壤水分的影响 [J]. 麦类作物学报, 2016, 36(6): 765-772.
- [26] 高丽娜, 陈素英, 张喜英, 等. 华北平原冬小麦麦田覆盖对土壤温度和生育进程的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2009, 27 (1): 107-113.
- [27] 孟晓瑜, 王朝辉, 杨宁, 等. 底墒和磷肥对渭北旱塬冬小麦产量与水、肥利用的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17 (5): 1083-1090.
- [28] 王勇. 旱地地膜冬小麦播前底墒对产量效应的研究 [J]. 中国生态农业学报, 2003, 11 (3): 117-120.
- [29] Stagnari F, Galieni A, Speca S, et al. Effects of straw mulch on growth and yield of durum wheat during transition to Conservation Agriculture in Mediterranean environment [J]. Field Crops Research, 2014, 167: 51-63.
- [30] 王庆杰, 王宪良, 李洪文, 等. 华北一年两熟区玉米秸秆覆盖对冬小麦生长的影响 [J]. 农业机械学报, 2017, 48(8): 197-203.
- [31] 杨海迪, 海江波, 贾志宽, 等. 不同地膜周年覆盖对冬小麦土壤水分及利用效率的影响 [J]. 干旱地区农业研究, 2011, 29 (2): 27-34.
- [32] 任爱霞, 孙敏, 高志强, 等. 夏闲期覆盖配施氮肥对旱地小麦土壤水分及氮素利用的影响 [J]. 中国农业科学, 2017, 50 (15): 2888-2903.
- [33] 郭媛, 孙敏, 任爱霞, 等. 夏闲期地表覆盖对旱地土壤水分、小麦氮素吸收运转及产量的影响与施氮调控 [J]. 生态学杂志, 2015, 34 (7): 1823-1829.
- [34] 孙永健, 孙园园, 李旭毅, 等. 水氮互作对水稻氮磷钾吸收、转运及分配的影响 [J]. 作物学报, 2010, 36 (4): 655-664.
- [35] 赵满兴, 周建斌, 杨绒, 等. 不同施氮量对旱地不同品种冬小麦氮素累积、运输和分配的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2006, 12 (2): 143-149.
- [36] 臧贺藏, 刘云鹏, 曹莲, 等. 水氮限量供给下两个高产小麦品种氮素吸收与利用特征 [J]. 麦类作物学报, 2012, 32 (3): 503-509.
- [37] 赵建明, 张锐, 王海景. 旱地玉米秸秆覆盖对土壤肥力与玉米产量的影响 [J]. 山西农业科学, 2007, (7): 42-44.
- [38] Sainju U M, Singh H P, Singh B P. Cover crop effects on soil carbon and nitrogen under bioenergy sorghum crops [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2015, 70 (6): 410-417.
- [39] Zheng L, Pei J, Jin X, et al. Impact of plastic film mulching and fertilizers on the distribution of straw-derived nitrogen in a soil-plant system based on <sup>15</sup>N-labeling [J]. Geoderma, 2018, 317: 15-22.

**Effects of different mulching methods during the summer fallow period on water, nitrogen use and yield of wheat in dryland**

CHEN Xiu-wen, ZHAO Hu-bing\*, MAO An-ran, LI Zi-yan, ZHAI Bing-nian ( College of Natural Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling Shaanxi 712100 )

**Abstract:** Aiming at the problems of low precipitation and dislocation with water requirement rule for winter wheat growth, low water and nitrogen efficiency in dryland farming areas of Loess Plateau, the best model of mulching for soil moisture conservation and increasing winter wheat yield in dryland farming areas was explored. Field experiments were conducted during 2017 ~ 2018 in Yujiagong village, Yongshou county, Shaanxi province, which is a typical dry farming area on the Loess Plateau. A total of five treatments, including no nitrogen fertilizer treatment, farmers' conventional control model, ridge-film and furrow-straw mulching during the summer fallow, plastic film mulching during the summer fallow, straw mulching during the summer fallow, were set up to clarify the effects of different mulching practices during the summer fallow on water, nitrogen uptake and utilization and yield in dryland. Compared with the farmers' conventional control model, the two treatments of plastic film mulching and straw mulching during the summer fallow increased aboveground biomass and yield, and the increase of straw mulching during the summer fallow was greater. However, ridge-film and furrow-straw mulching during the summer fallow had an opposite trend. Compared with farmers' conventional control model, the soil water storage capacity of 0 ~ 200 cm soil layer at the end of the summer fallow of treatments of ridge-film and furrow-straw mulching, plastic film mulching and straw mulching increased 65.7, 107.6 and 145.0 mm, respectively, during the summer fallow, and the difference between straw mulching and ridge-film treatment and furrow-straw mulching treatment was significant; The soil water storage capacity of 0 ~ 200 cm soil layer after winter wheat harvest increased by 18.9, 31.5 and 32.3 mm, however, there was no significant difference among the three mulching treatments and the control. Compared with farmers' conventional control model, the water use efficiency of each mulching treatment during the summer fallow had an increasing trend, but the difference was not significant. Compared with farmers' conventional control model, the straw mulching treatment during the summer fallow had an increasing trend in grain nitrogen uptake, aboveground nitrogen uptake and nitrogen use efficiency. However, ridge-film and furrow-straw mulching and plastic film mulching during the summer fallow period had a tendency to reduce the grain nitrogen uptake, aboveground nitrogen uptake and the nitrogen use efficiency. The three mulching practices during the summer fallow were all conducive to the accumulation of natural precipitation and the improvement of soil moisture before the winter wheat sowing, among which straw mulching during the summer fallow had the best effect of preserving soil moisture and the most significant effect of increasing yield. It is suitable for popularization and application in Northwest dryland wheat production areas.

**Key words:** mulching during the summer fallow; soil moisture; nitrogen uptake; yield