

# 免耕与秸秆覆盖对绿洲灌区冬小麦产量及土壤水分的影响

黄涛<sup>1</sup>, 冯福学<sup>2</sup>, 车宗贤<sup>1</sup>, 俄胜哲<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃农业大学水利水电工程学院, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 通过田间长期定位试验, 研究了西北内陆河绿洲灌区不同耕作措施对冬小麦产量及土壤水分动态变化的影响。结果表明, 冬小麦拔节期前, 免耕秸秆覆盖处理和免耕秸秆立茬处理显著提高了0~30 cm土层贮水量, 处理间差异较大, 拔节后差异变小; 而返青至成熟期, 免耕秸秆覆盖处理和免耕秸秆立茬处理30~150 cm土层贮水量均大于传统耕作处理。免耕秸秆立茬处理和免耕秸秆覆盖处理均显著提高了冬小麦产量, 较传统耕作处理分别增产6.98%~24.32%、15.65%~30.59%, 较秸秆翻压处理分别增产2.94%~4.25%、8.01%~11.29%。免耕秸秆覆盖耕作措施和免耕秸秆立茬这2种保护性耕作措施均能提高冬小麦产量, 适宜在西北内陆河绿洲灌区冬小麦生产上推广应用。

**关键词:** 冬小麦; 土壤水分; 绿洲灌区; 免耕; 秸秆覆盖; 保护性耕作

**中图分类号:** S512.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)06-0001-06

**doi:** 10.3969/j.issn.1001-1463.2020.06.001

## Effects of No-tillage and Straw Mulching on Winter Wheat Yield and Soil Moisture in Oasis Irrigated Areas

HUANG Tao<sup>1</sup>, FENG Fuxue<sup>2</sup>, CHE Zhongxian<sup>1</sup>, E Shengzhe<sup>1</sup>

(1. Institute of Soil Fertilizer and Water-saving, Gansu Academy of Agricultural Science, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** The effects of different tillage measures on winter wheat yield and soil moisture dynamics were studied in the Oasis Irrigation Area of Northwest Inland River through long-term field positioning tests. The results showed that no-tillage with wheat stubble retention (NTS) and no-tillage with stubble standing (NTSS) could increase topsoil layer (0~30 cm) soil moisture content before jointing of winter wheat, and revealed significant difference among treatments. But the difference of soil moisture among different treatments became smaller after jointing. The soilwater storage of deeper soil layer (30~150 cm) in NTS and NTSS were always higher than that of conventional tillage (T) from turning green stage to maturity stage. The results also showed the grain yield of winter wheat increased significantly under NTSS and NTS treatments, which increased by 6.98%~24.32% and 15.65%~30.59% compared with T treatment, 2.94%~4.25% and 8.01%~11.29%, compared with traditional tillage treatment. Therefore, no-tillage with wheat stubble retention (NTS) and no-tillage with stubble standing (NTSS) could increase the yield of winter wheat and were suitable to be popularized and applied in the production of winter wheat in northwest inland river oasis irrigation area.

**Key words:** Winter wheat; Soil moisture; Oasis irrigation area; No-tillage; Straw mulching; Conservation tillage

收稿日期: 2020-04-22

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新专项计划项目(2017GAAS26)。

作者简介: 黄涛(1983—), 男, 甘肃会宁人, 助理研究员, 硕士, 主要从事关于耕作栽培与土壤肥料的相关研究工作。Email: huangtao0019@126.com。

甘肃河西绿洲灌区深处内陆腹地,水资源有限,是甘肃省最主要的产粮区,同时也是沙尘暴的重灾区和我国三大沙尘源区之一<sup>[1]</sup>。近年来,由于气候的变暖、地下水的过度开采、不合理的灌溉制度及传统土壤耕作方式使土壤水分无效损耗严重,水资源日趋匮乏,生态环境日益恶化。冬小麦在干燥的冬春季以麦苗覆盖地表,既可防止沙尘暴又可减少水分蒸发。因此,在河西地区扩种冬小麦实现冬麦北移,对改善区域脆弱的生态环境具有重要现实意义。

保护性耕作技术是以免耕覆盖播种机为主要作业机具,以少耕、免耕和地表生物覆盖为特征的一种新型耕作技术,已被世界各国广泛应用。据 FAO 统计,目前,全世界保护性耕作应用面积达到 1.69 亿  $\text{hm}^2$ ,而我国保护性耕作研究与应用起步较晚,且水分和产量效应是研究的焦点,而大多研究集中在半干旱农区<sup>[2-8]</sup>,在干旱灌区较少<sup>[9]</sup>,尚未形成适合绿洲灌区的保护性耕作模式<sup>[10]</sup>。我们通过长期田间定位试验,研究了不同耕作措施对西北内陆河绿洲灌区冬小麦产量及农田土壤水分的影响,阐明了保护性耕作的节水增产机理,旨在为该区构建春小麦改种冬小麦的保护性耕作技术提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试区概况

试验于 2005 年 9 月至 2008 年 7 月在位于甘肃省武威市凉州区黄羊镇的甘肃农业大学教学实验场进行。试验区位于甘肃河西走廊东端,地处东经  $103^{\circ} 5'$ ,北纬  $37^{\circ} 30'$ ,属冷温带干旱区,是典型的大陆性气候,日照充足,春季多风沙,夏季有干热风。平均海拔 1 776 m,降水年际变化不大,但季节变化较大,多年平均降水量 160 mm 左右,主要集中在 7、8、9 月份,冬春季干旱,降水无法满足作物生长需要。蒸发量 2 400 mm,干燥度 5.85,年平均气温  $7.2^{\circ}\text{C}$ ,1 月最低平均气温  $-27.7^{\circ}\text{C}$ ,7 月最高平均气温  $34.0$

$^{\circ}\text{C}$ 。 $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为  $3\ 513.4^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为  $2\ 985.4^{\circ}\text{C}$ 。全年无霜期 156 d,绝对无霜期 118 d,年日照时数 2 945 h。试验地土壤以荒漠灌淤土为主,粉砂壤质,土层深厚。

### 1.2 供试材料

指示冬小麦品种为强冬性品种繁 13,种子净度 98%,发芽率 95%,纯度 96%,由甘肃农业大学农学院提供。氮肥为尿素(含 N 46%,甘肃金化集团有效责任公司生产并提供),磷肥为磷酸二铵(总养分含量  $\geq 64.0\%$ ,含 N  $\geq 18\%$ 、 $\text{P}_2\text{O}_5 \geq 46.0\%$ ,由美国特拉肥料有限公司生产并提供)。

### 1.3 试验方法

试验共设 5 个处理,分别为:传统耕作处理(T),前茬作物收获后深耕 25 cm 灭茬、耙耱整平;秸秆翻压处理(TIS),前茬作物收获后,秸秆切碎为 5 cm,结合秋深耕翻入土壤,秸秆还田量为  $6\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ;免耕不覆盖处理(NT),前茬作物收获后免耕,不覆盖;免耕秸秆覆盖处理(NTS),前茬作物收获后免耕并将秸秆切碎为 5 cm 长度田间覆盖,秸秆还田量为  $6\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ;免耕立茬处理(NTSS),前茬作物收获后免耕,立茬留茬 25 cm,秸秆留量为  $6\ 750\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。试验采用随机区组设计,3 次重复,小区面积  $108\ \text{m}^2$ ( $27\ \text{m} \times 4\ \text{m}$ ),小区四周设保护行。

每年 9 月 18 日用免耕覆盖施肥播种机按行距 15 cm、播深 6 cm 播种,播量为  $337.5\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。基施磷酸二铵  $300\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 、尿素  $300\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。拔节初期结合灌水追施磷酸二铵  $150\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 、尿素  $225\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ,抽穗期结合灌水追施磷酸二铵  $45\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 、尿素  $75\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。试验期间灌冬水  $1\ 800\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ (3 a 灌溉时间分别为 2005 年 11 月 5 日、2006 年 11 月 5 日、2007 年 11 月 3 日)、拔节水  $1\ 200\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ (3 a 灌溉时间分别为 2006 年 5 月 7 日、2007 年 5 月 7 日、2008 年 5 月 8 日)、抽穗水  $1\ 050\ \text{m}^3/\text{hm}^2$ (3 a 灌溉时间分别为 2006 年 5 月 28 日、2007 年 5 月 20 日、2008 年 5 月 23 日)和灌

浆水 900 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>(3 a 灌溉时间分别为 2006 年 6 月 13 日、2007 年 6 月 13 日、2008 年 6 月 12 日), 全生育期总灌水量为 4 950 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

#### 1.4 观测指标及方法

土壤水分在播前和收获后分别用烘干法测定, 测深为 150 cm, 其中 0~30 cm 每 10 cm 为 1 个层次, 30~90 cm 每 20 cm 为 1 个层次, 90~150 cm 每 30 cm 为 1 个层次。于 2007 年、2008 年在冬小麦返青期到成熟期每隔 15 d 测定土壤水分 1 次, 浇水前后各加测 1 次, 其中 0~10、10~20、20~30 cm 3 个层次用烘干法测定, 30 cm 以下每 10 cm 土层均用 503DR 型中子水分仪测定。中子仪的读数最后矫正成体积含水量。

矫正曲线:  $V\% = [0.2969 \times (R/R_0) - 0.1555] \times 100\%$  ( $R^2=0.9173$ )

式中:  $V$  为土壤容积含水量 ( $V/V$ );  $R$  为中子仪实际读数;  $R_0$  为中子仪基本读数。

冬小麦收获时, 每小区随机取样 20 株进行室内考种, 测定穗粒数、千粒质量等产量构成因素, 并按小区实收单独测产。

#### 1.5 数据分析

数据处理采用 Excel 软件和 SPSS13.0 统计分析软件进行数据处理。

### 2 结果与分析

#### 2.1 0~30 cm 土层土壤水分动态变化

由图 1 可看出, 随着冬小麦生育时期的推进, 不同处理 0~30 cm 土层土壤贮水量变化幅度大。由于地表留有作物残茬, 有效抑制了土壤水分蒸发, 返青至拔节期 NTS 处理和 NTSS 处理表层土壤贮水量 2007 年、2008 年均大于其他处理, 且 NTS 处理大于 NTSS 处理。拔节后, 由于受降水、灌水及农田蒸腾蒸散等因素的影响, 各处理土壤贮水量差异变小, 且 2007 年、2008 年变化趋势不一致。其中 2007 年 NTS 处理和 NTSS 处理 0~30 cm 土层贮水量均大于 T 处理、TIS 处理和 NT 处理, 而 2008 年却均小于 NT 处理、T 处理和 TIS 处理, 表明作物生长后期 NTS 处理和 NTSS 处理覆盖保墒作用减弱。

#### 2.2 30~150 cm 土层土壤水分动态变化

由图 2 看出, 2007 年与 2008 年 2 个研

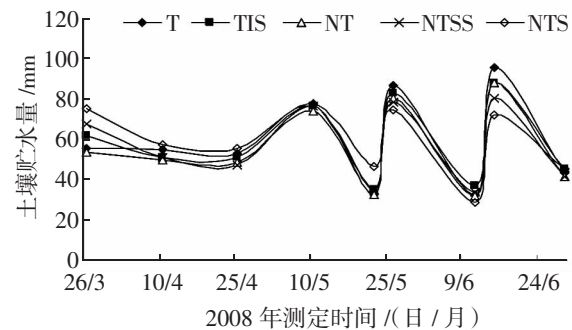
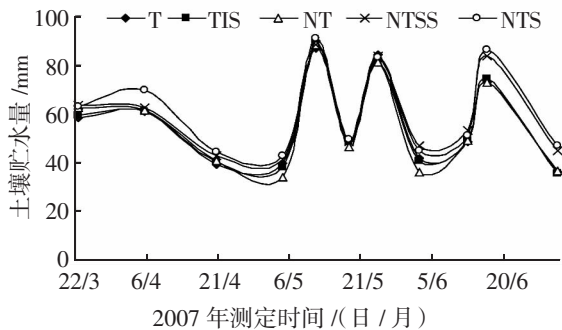


图 1 不同处理 0~30 cm 土壤贮水量动态变化

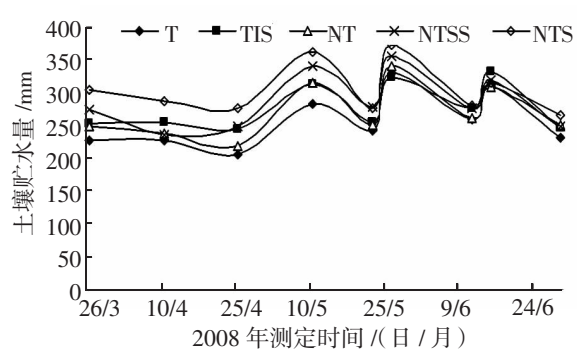
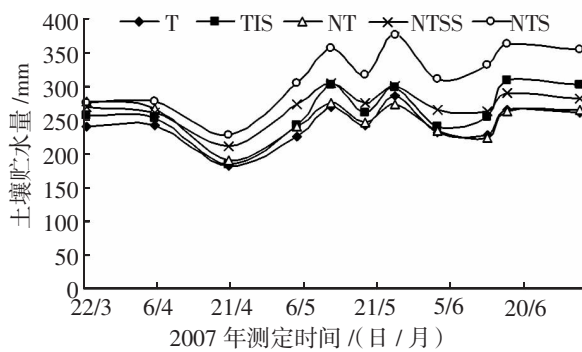


图 2 不同处理 30~150 cm 土壤贮水量动态变化

究期,冬小麦各生育期 NTSS 处理和 NTS 处理贮水量均高于 T 处理、TIS 处理和 NT 处理。与 T 处理相比,从返青到成熟期,NTS 处理和 NTSS 处理的土壤贮水量增幅分别为 18.44%~30.43%、11.38%~11.93%,而 NTS 处理与 NTSS 处理的贮水量间差异不显著。

### 2.3 冬小麦产量及其构成因素

从表 1 可以看出,免耕秸秆覆盖处理(NTS)和免耕立茬处理(NTSS)均能显著提高冬小麦产量及其构成因素。与传统耕作处理(T)相比,NTSS 处理和 NTS 处理的冬小麦成穗数分别提高 9.13%~19.14%、13.56%~20.10%,穗粒数分别提高 3.57%~23.41%、10.34%~12.34%,千粒重分别提高 2.82%~6.40%、2.17%~10.13%,折合产量分别提高 6.98%~24.32%、15.65%~30.59%,收获指数分别提高 7.32%~8.11%、16.22%~17.95%。与秸秆翻压处理(TIS)相比,NTSS 处理和 NTS 处理的成穗数分别提高 8.39%~11.00%、9.61%~11.67%,穗粒数分别提高 0.95%~13.28%、1.83%~9.50%,千粒重分别提高 3.23%~3.85%、1.77%~7.69%,冬小麦折合产量分别提高 2.94%~4.25%、8.01%~11.29%,收获指数分别提高 2.43%~4.76%、

4.88%~17.95%。由此表明,免耕立茬处理(NTSS)和免耕秸秆覆盖处理(NTS)是适合西北绿洲灌区推广的保护性耕作措施。

### 3 结论与讨论

耕作方式及地表覆盖均能显著影响作物生长及土壤水热特性,从而潜在显著影响作物对土壤水分的利用<sup>[11]</sup>。免耕秸秆覆盖处理(NTS)和免耕立茬处理(NTSS)均能有效增加冬小麦田土壤贮水量,提高冬小麦产量及水分利用效率。

冬小麦拔节前,由于上部冠层小,地面裸露面积大,因此表层土壤耗水主要是以土壤蒸发为主,而免耕秸秆覆盖处理和免耕立茬处理地表由于留有作物残茬,降低了土壤温度,有效抑制了水分蒸发,表层(0~30 cm)土壤贮水量显著大于其他处理,且免耕秸秆覆盖处理大于免耕立茬处理。拔节后,一方面由于受灌水、降水及作物蒸腾等因素的影响,另一方面,由于不同耕作措施改变了土壤物理结构,从而影响土壤水分的入渗及再分布,使得各处理土壤表层含水量变化不一致。2006—2007 年度,拔节后,各测定时期免耕秸秆覆盖处理和免耕立茬处理的 0~30 cm 土层贮水量均大于传统耕作处理、

表 1 不同处理对冬小麦产量及其构成因素的影响(2005—2008 年)

处理	成穗数 /( $\times 10^6/\text{hm}^2$ )	穗粒数 /粒	千粒重 /g	折合产量 /( $\text{kg}/\text{hm}^2$ )	收获指数
2005—2006 年度					
T	4.18b	27.96a	51.12a	6 061b	0.41a
TIS	4.58ab	31.28a	50.61a	7 287a	0.42a
NT	5.33a	30.13a	48.82a	7 714a	0.42a
NTSS	4.98a	29.15a	52.56a	7 535a	0.44a
NTS	5.02a	30.85a	52.23a	7 915a	0.46a
2006—2007年度					
T	4.38a	31.69a	47.36b	6 533b	0.39a
TIS	4.41a	32.51a	50.19ab	7 067ab	0.39a
NT	4.32a	33.53a	50.80ab	7 300ab	0.41a
NTSS	4.78a	32.82a	50.39ab	7 367a	0.42a
NTS	5.18a	35.60a	51.08a	7 633a	0.46a
2007—2008年度					
T	5.90a	22.60a	45.40b	6 275a	0.37b
TIS	6.00a	24.62a	46.43ab	6 521a	0.41a
NT	6.38a	24.53a	47.67ab	6 644a	0.41a
NTSS	6.66a	27.89a	47.93ab	6 713a	0.42b
NTS	6.70a	25.07a	50.00a	7 257a	0.43a



秸秆翻压处理, 而 2007—2008 年度却均小于传统耕作处理、秸秆翻压处理。有研究表明, 冬小麦生长后期, 气温较高, 小麦冠层增大, 保护性耕作的小麦蒸腾较大<sup>[2, 12]</sup>; 传统耕作坚实犁底层的形成不易于灌水下渗, 免耕土层未受扰动, 土体结构良好, 所以表层水分易于向深层入渗而相对降低了表层水分含量。30~150 cm 土层受外界因素的影响小, 土壤水分变化主要受作物根系吸水特性和灌水的影响, 变幅相对较小。冬小麦整个生育期, 各测定时期免耕立茬处理和免耕秸秆覆盖处理的贮水量均大于传统耕作处理、秸秆翻压处理, 这主要是一方面由于冬小麦生长前期免耕立茬处理和免耕秸秆覆盖处理 0~30 cm 土层水分充足, 根系对深层水的利用较少, 另一方面免耕覆盖改善了土壤结构, 增大了水分入渗速率<sup>[7, 13-15]</sup>, 从而使深层土壤贮水量大于其他处理。与传统耕作处理相比, 从返青到成熟期, 免耕秸秆覆盖处理和免耕立茬处理土壤贮水量增幅分别为 18.44%~30.43% 和 11.38%~11.93%。土壤深层水分的增加对作物后期的生长和产量的提高有重要作用。

作物产量是一个系统管理水平与土壤生产力的综合反映, 也是农业持续发展的重要评价指标<sup>[16]</sup>。有相当多的研究表明, 免耕能提高作物的产量<sup>[17-22]</sup>, 本研究中免耕立茬处理和免耕秸秆覆盖处理的冬小麦折合产量较传统耕作处理分别提高 15.65%~30.59% 和 6.98%~24.32%。这可能是一方面免耕增加了冬小麦的成穗数和千粒重<sup>[17-19]</sup>, 本研究中, 免耕立茬处理和免耕秸秆覆盖处理的成穗数较传统耕作处理分别提高 9.13%~19.14%、13.56%~20.10%, 千粒重较传统耕作处理分别提高 2.82%~6.40%、2.17%~10.13%, 穗粒数较传统耕作处理分别提高 3.57%~23.41%、10.34%~12.34%; 而另一方面, 免耕秸秆覆盖改善了土体结构<sup>[15]</sup>, 增大了根系生物量, 提高了土壤含水量<sup>[4, 6]</sup>,

从而使根系能有效的吸收土壤水分和养分供地上组织利用, 增大产量形成潜力, 从而提高冬小麦产量。

#### 参考文献:

- [1] 康尔泗, 李新, 张济世, 等. 甘肃河西地区内陆河流域荒漠化的水资源问题[J]. 冰川冻土, 2004, 12(6): 76-80.
- [2] 赵聚宝, 梅旭荣, 薛军红, 等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 1996, 29(2): 59-66.
- [3] 王小彬, 蔡典雄, 金轲, 等. 旱坡地麦田夏闲期耕作措施对土壤水分有效性的影响[J]. 中国农业科学, 2003, 36(9): 1044-1049.
- [4] 李玲玲, 黄高宝, 张仁陟, 等. 不同保护性耕作措施对旱作农田土壤水分的影响[J]. 生态学报, 2005, 25(9): 2326-2332.
- [5] 秦红灵, 李春阳, 高旺盛, 等. 干旱区保护性耕作对土壤水分的影响研究[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(4): 166-170.
- [6] 黄高宝, 郭清毅, 张仁陟, 等. 保护性耕作条件下旱地农田麦-豆双序列轮作体系的水分动态及产量效应[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1176-1185.
- [7] 王建政. 旱地小麦保护性耕作对土壤水分的影响[J]. 中国水土保持科学, 2007, 5(5): 71-74.
- [8] 秦红灵, 高旺盛, 马月存, 等. 两年免耕后深松对土壤水分的影响[J]. 中国农业科学, 2008, 41(1): 78-85.
- [9] 张凤云, 张恩和, 景锐, 等. 河西绿洲灌区留茬覆盖免耕保护性耕作的增产节水效应[J]. 草业学报, 2007, 16(2): 94-98.
- [10] GAO H W, LI W Y. Chinese conservation tillage. In: International Soil Tillage Research Organization 16th Triennial Conference[C]. Brisbane: Australia, 2003.
- [11] 冯福学, 柴强. 武威绿洲灌区冬小麦田土壤水热特征对耕作措施的响应[J]. 西北农业学报, 2014, 23(8): 52-59.
- [12] 王利立, 黄高宝, 郭清毅, 等. 不同保护性耕作方式对冬小麦叶片水平水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农研究, 2008, 26(1): 90-96.
- [13] 罗珠珠, 黄高宝, 张国盛. 保护性耕作对黄

## 6 种杀菌剂对小麦散黑穗的防治效果

贾秋珍<sup>1</sup>, 范宏伟<sup>2</sup>, 宋雄儒<sup>2</sup>, 张爱琴<sup>2</sup>, 王永生<sup>3</sup>, 曹世勤<sup>1</sup>

(1. 甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070; 2. 民乐县农业技术推广中心, 甘肃 民乐 734500; 3. 甘肃汇丰种业有限责任公司, 甘肃 民乐 734500)

**摘要:** 2019 年在民乐县选用 6 种化学杀菌剂, 进行了防治小麦散黑穗病拌种田间试验。结果表明, 供试药剂拌种对小麦出苗安全。其中 5% 己唑醇微乳剂和 80% 戊唑醇可湿性粉剂对小麦散黑穗的防效相对较好, 分别为 92.01%、90.15%, 较不拌种对照分别增产 10.44%、9.84%, 具有较好的控病、增产作用, 值得在生产中进一步推广应用。

**关键词:** 小麦散黑穗病; 杀菌剂; 防效; 民乐县

**中图分类号:** S435.121 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2020)06-0006-03

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2020.06.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2020.06.002)

小麦散黑穗病 [*Ustilago tritici* (Pers.) Jens] 是由担子菌亚门小麦散黑粉菌引起的真菌病害, 小麦单株一旦发病, 产量损失近 100%。一般发病地块病穗率为 1% ~ 5%,

严重地块可达 10% 以上, 可引致小麦减产 5% 以上<sup>[1]</sup>。研究发现, 散黑穗病病菌一般潜伏在小麦种胚中, 依靠花器侵染发病, 1 a 侵染 1 次, 发病部位在穗部<sup>[2]</sup>。小麦开花

收稿日期: 2020-01-06

基金项目: 国家重点研发计划子课题“河西走廊小麦农药减施技术集成研究与示范(2018YFD0200406 06), 甘肃省小麦产业技术体系(GARS-01-07、GARS-01-12)。

作者简介: 贾秋珍(1963—), 女, 陕西大荔人, 研究员, 主要从事小麦有害生物综合防控技术研究工作。Email: jiaqiuzhen@163.com。

通信作者: 曹世勤(1971—), 男, 甘肃临洮人, 研究员, 主要从事小麦有害生物综合防控技术研究工作。Email: caoshiqin6702@163.com。

- 土高原旱地表土容重和水分入渗的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(4): 7-11.
- [14] 王育红, 蔡典雄, 姚宇卿, 等. 保护性耕作对豫西黄土坡耕地降水产流、土壤水分入渗及分配的影响[J]. 水土保持学报, 2008, 22(2): 29-37.
- [15] 刘世平, 张洪程, 戴其根, 等. 免耕套种与秸秆还田对农田生态环境及小麦生长的影响[J]. 应用生态学报, 2005, 16(2): 393-396.
- [16] 张志国, 徐 琪. 长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J]. 土壤学报, 1998, 35(3): 384-391.
- [17] 张胜爱, 马吉利, 崔爱珍, 等. 不同耕作方式对冬小麦产量及水分利用状况的影响[J]. 中国农学通报, 2006, 22(1): 110-113.
- [18] 姚宇卿, 王育红, 吕军杰, 等. 不同保护性耕作模式对冬小麦生长发育及水分利用的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2008, 24(2): 249-256.
- [19] 李 昱, 李问盈. 冷凉风沙区机械化保护性耕作技术体系试验研究[J]. 中国农业大学学报, 2004, 9(3): 16-20.
- [20] MARTINO D L, SHAYKEWICH C F. Root penetration profiles of wheat and barley as affected by soil penetration resistance in field conditions[J]. Can. J. Soil Sci, 1994, 74: 193-200.
- [21] 马明生, 郭贤仕, 柳燕兰, 等. 西北旱地小麦全生物降解地膜与秸秆周年覆盖免耕栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2019(4): 43-46.
- [22] 梁海春. 临洮县窑店镇旧膜免耕柴胡栽培技术[J]. 甘肃农业科技, 2019(7): 92-94.

(本文责编: 郑立龙)