

DOI:10.11705/j.issn.1672-643X.2023.01.26

# 碎麦秸垫膜覆盖对民勤绿洲食葵产量 及土壤酶活性的影响

独亮亮<sup>1</sup>, 张金霞<sup>1</sup>, 任芳芳<sup>1</sup>, 吴庆安<sup>1</sup>, 刘兴荣<sup>2</sup>, 丁林<sup>3</sup>, 赵霞<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学 水利水电工程学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省科学院地质自然灾害防治研究所, 甘肃 兰州 730000; 3. 甘肃省水利科学研究院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:**为解决民勤绿洲灌区水资源短缺、土壤耕层状况恶化、食葵产量不佳等问题,在民勤灌区设置无覆盖(CK)、秸秆覆盖(S)(秸秆量为4 500 kg/hm<sup>2</sup>)、地膜覆盖(F)、碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)(秸秆量为4 000 kg/hm<sup>2</sup>)、碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>2</sub>)(秸秆量为4 500 kg/hm<sup>2</sup>)5个处理,采用当地农户普遍的灌溉水平(750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>),研究了食葵生长状况及土壤酶活性的变化。结果表明:碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)处理下土壤温度显著高于其他处理,并且有着更高的保水效果,保证了食葵的正常生长发育;碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)条件下平均出苗率较CK处理提高了12.1%( $P < 0.05$ ),较S处理的出苗率提高了9.7%( $P < 0.05$ );碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)条件下食葵产量达到4 780.95 kg/hm<sup>2</sup>,较SF<sub>2</sub>、F、S、CK处理分别提高了2.8%( $P > 0.05$ )、7.3%( $P > 0.05$ )、34.1%( $P < 0.05$ )、44.7%( $P < 0.05$ ),且在碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)处理下食葵的株高、茎粗、叶面积均为最优,与CK、S、F处理均呈显著性差异( $P < 0.05$ ),该覆盖方式更有利于食葵干物质的积累;碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>)条件下的土壤蔗糖酶和脲酶活性显著高于CK、S、F、SF<sub>2</sub>处理,且全生育期表现基本一致。可见,碎麦秸垫膜覆盖可解决民勤绿洲秸秆覆盖引起的土壤温度低、保水率差、出苗率低和产量低等问题,也可改善长期单一地膜覆盖而引起的地力下降的情况。

**关键词:**碎麦秸垫膜覆盖;食葵;生长动态;土壤酶活性;产量;民勤绿洲

中图分类号:S626.2; S565.5 文献标识码:A 文章编号:1672-643X(2023)01-0216-09

## Effects of mulching with crushed wheat straw padding and plastic film on sunflower yield and soil enzyme activities in Minqin Oasis

DU Liangliang<sup>1</sup>, ZHANG Jinxia<sup>1</sup>, REN Fangfang<sup>1</sup>, WU Qing'an<sup>1</sup>, LIU Xingrong<sup>2</sup>, DING Lin<sup>3</sup>, ZHAO Xia<sup>1</sup>

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Geological Hazards Prevention Institute, Gansu Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China;

3. Gansu Research Institute of Water Conservancy, Lanzhou 730000, China)

**Abstract:** In order to solve the problems of water resources shortage, deteriorated cultivated soil and poor yield of sunflower in Minqin Oasis Irrigation Area, five treatments were set up, including no mulching (CK), straw mulching (S) (straw amount was 4,500 kg/hm<sup>2</sup>), plastic film mulching (F), crushed wheat straw padding and plastic film mulching (SF<sub>1</sub>) (straw amount was 4,000 kg/hm<sup>2</sup>) and crushed wheat straw and plastic film mulching (SF<sub>2</sub>) (straw amount was 4,500 kg/hm<sup>2</sup>). With the general irrigation level adopted by the local farmers (750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>) as the irrigation quota, the growth status of sunflower and the changes of soil enzyme activity were studied. The results showed that under SF<sub>1</sub> treatment, the soil thermal condition was significantly improved, which was beneficial for water storage in soil and provided more water for the sunflower growth. The seedling rate of SF<sub>1</sub> was 12.1% higher than that of CK ( $P < 0.05$ ), and 9.7% higher than that of S ( $P < 0.05$ ). The yield of SF<sub>1</sub> reached 4,780.95

收稿日期:2022-06-19; 修回日期:2022-11-07

基金项目:甘肃省高等学校创新基金项目(2021B-138);国家自然科学基金项目(51509039);甘肃省2021年度重点人才项目(2021RCXM066);甘肃省科学院应用研究与开发项目(2021JK-07);甘肃省水利科研与技术推广项目(202204)

作者简介:独亮亮(1996-),男,甘肃礼县人,硕士生,研究方向为节水灌溉理论与技术。

通讯作者:张金霞(1976-),女,甘肃民勤人,博士,副教授,硕士生导师,研究方向为农业节水和灌区荒漠化防治。

kg/hm<sup>2</sup>, which was 44.7% higher than CK ( $P < 0.05$ ), 2.8% higher than SF<sub>2</sub> ( $P > 0.05$ ), 7.3% higher than F ( $P > 0.05$ ) and 34.1% higher than S ( $P < 0.05$ ). The plant height, stem diameter and leaf area under SF<sub>1</sub> treatment were optimal compared with the other treatments, which were significantly different from those of CK and S treatment ( $P < 0.05$ ), so SF<sub>1</sub> treatment was more beneficial for the dry matter accumulation. In addition, the soil urease activity and sucrase activity under SF<sub>1</sub> were significantly higher than those under CK, S and F treatments and the performance was basically the same during the whole growth period. Therefore, the crushed wheat straw padding and plastic film mulching can solve the problems of low soil temperature, poor water retention rate, low seedling rate and low yield caused by single straw mulching in the Minqin Oasis, and also improve the soil fertility decline caused by long-term single plastic film mulching. So, SF<sub>1</sub> treatment is recommended to be the optimal mulching for the Minqin Oasis Irrigation Area in northwest arid region of China.

**Key words:** crushed wheat straw padding and plastic film mulching; sunflower; growth dynamics; soil enzyme activity; yield; the Minqin Oasis

## 1 研究背景

甘肃省武威市民勤县地处于西北干旱区的内陆河流域,常年降雨稀少、土壤干旱、蒸发强度大<sup>[1-3]</sup>、生态环境脆弱,加之对自然环境不合理的开发与利用,导致该区域土壤退化、植被死亡、湖泊干涸,严重影响着当地农业的生产与发展<sup>[4-7]</sup>。因此,如何合理地在民勤地区发展高效、高产的节水农业是一个极大的难题。面临如此恶劣的生态环境,农田覆盖等大量保护性耕作技术的研究相继开展<sup>[8-10]</sup>。众多的农田覆盖措施中,关于秸秆覆盖和地膜覆盖的研究较多,取得了一定的成果,但两种覆盖方式有着显著差别。

农田覆盖技术在我国的发展历史悠久,早在两千多年前,我国的古人就已经开始运用该项技术<sup>[11]</sup>。秸秆覆盖技术起到了增温和保墒的作用<sup>[12-13]</sup>,有利于保持土壤前期的水分,为后期作物生长提供了水分条件<sup>[12]</sup>。张建兵等<sup>[14]</sup>、刘燕青等<sup>[15]</sup>、谢成俊等<sup>[16]</sup>、李岩华等<sup>[17]</sup>的研究表明,秸秆覆盖能够改变土壤的理化性质,具有抑制地表返盐、促进降雨的淋洗、促进作物生长等优点。杨慧敏等<sup>[18]</sup>的研究表明,在干旱年秸秆覆盖处理下作物产量较常规播种可提高约 10%。徐欣等<sup>[19]</sup>的研究表明,免耕秸秆覆盖较传统垄作可将玉米产量提高 11.4%。然而张金霞等<sup>[20]</sup>对民勤地区研究表明,秸秆覆盖下的玉米出苗率较无覆盖降低了 11.87%,玉米籽粒产量减少了 10.4%。郭小龙等<sup>[21]</sup>的研究表明,食葵出苗率在秸秆覆盖下较无覆盖降低了 3.92%,产量减少了 1.67%,从而认为单一的秸秆覆盖措施并没有解决食葵出苗率低、产量低等问题。近年来,地膜覆盖在我国农业种植中被广泛应用。

李明思等<sup>[22]</sup>、周昌明<sup>[23]</sup>、毕继业等<sup>[24]</sup>、冯浩等<sup>[25]</sup>认为地膜覆盖可以有效地改善土壤的水热条件,并且能提高作物在出苗期的土壤温度,有利于作物出苗。Gao 等<sup>[26]</sup>的研究表明,地膜覆盖相比无覆盖可使农作物产量提高 30%,水分利用率提高 31%。但李仙岳等<sup>[27]</sup>、张永涛等<sup>[28]</sup>通过研究指出,塑料地膜在土壤中难以降解,致使地力下降,同时造成白色污染,对生态环境产生危害。

针对上述单一的秸秆覆盖或地膜覆盖技术的局限性,将两者相结合的二元覆盖技术应运而生。秸秆结合地膜的二元覆盖技术同时具有增温、保墒、抗旱和增产的效应。申胜龙等<sup>[29]</sup>、Zhang 等<sup>[30]</sup>的研究表明,二元覆盖技术能够提高作物的产量,改善土壤的水热状况,维持生态环境的稳定,有利于生态环境的可持续发展。其中,碎麦秸垫膜覆盖是在土壤表面与地膜之间铺设 1~2 cm 厚的碎麦秸隔层,它综合了地膜覆盖和秸秆覆盖各自的优点,既能保温、保水、改善土壤环境,也能增加作物出苗率和提高作物产量。这种新型的覆盖模式不仅解决了干旱区作物种植产量低、品质差等问题,而且还维持了土壤水分,对防治土壤盐碱化、荒漠化起到了重要的作用。研究表明,碎麦秸垫膜覆盖技术因为阻隔了地膜与土壤的直接粘结,使残膜的回收更加快捷方便,且具有秸秆和地膜的双重作用,可为食葵的生长创造非常有利的条件<sup>[30-31]</sup>。

碎麦秸垫膜覆盖在地膜和秸秆的双重作用下,能够改善土壤肥力,促进作物产量的提高。但是有关碎麦秸垫膜覆盖下土壤酶活性的研究相对较少,而土壤酶活性是反映土壤理化性质的重要指标,作物所需的各种营养成分大都需要土壤中各种酶的催

化反应才能被作物吸收与转化<sup>[32-33]</sup>,例如脲酶是分解氮肥的专一性酶,对土壤氮肥的分解十分重要,而土壤蔗糖酶反映了土壤的肥力<sup>[34]</sup>,对作物生长有着至关重要的作用。土壤酶活性与水热状况及养分含量的多少等有密切的关系,在一定程度上反映着土壤肥力,所以研究不同覆盖下土壤酶活性的强弱是极其必要的。因此,本文针对民勤绿洲降雨稀少、蒸发强度大、生态环境恶劣的自然条件,以及长期单一地膜覆盖引起的地力下降和单一秸秆覆盖导致的作物生育前期土壤温度过低、出苗率差、作物产量低等生产实践中的瓶颈问题,在民勤绿洲进行了碎麦秸垫膜覆盖方式对土壤酶活性和食葵产量的影响研究,该项研究对于实现民勤绿洲田间水分高效利用、保护农田土壤环境、提高该地区作物的产量具有重要意义,同时也为该地区解决农田覆盖方式的适应性问题的提出一项切实可行的理论依据。

## 2 试验区概况与研究方法

### 2.1 试验区概况

试验于2020年4-9月在甘肃省武威市民勤绿洲灌区的试验基地进行。试验田位于民勤县大滩乡

东大村,海拔高程为1 250 m。根据民勤县气象局资料统计,试验区年平均气温为7.8℃,最高气温为39.5℃,最低气温为-27.3℃,年平均降水量为110 mm,年平均蒸发量为2 644 mm。该地区长期主要依靠低水质的地下咸水进行农业灌溉,农田土壤水份以上行为主,表层含盐量高,土壤肥力状况在西北旱区具有典型代表性<sup>[20]</sup>。试验田土壤的理化性质见表1。

### 2.2 试验设计

试验覆盖方式设置5种覆盖处理,即无覆盖(CK)、秸秆覆盖(S)、地膜覆盖(F)和两种碎麦秸垫膜覆盖(SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub>),其中,秸秆覆盖的秸秆量为4 500 kg/hm<sup>2</sup>;两种碎麦秸垫膜覆盖的秸秆量分别为4 000和4 500 kg/hm<sup>2</sup>,覆盖秸秆是将小麦秸秆粉碎成1~2 cm的小段。各试验处理方案见表2。试验小区面积为27.0 m×1.5 m,各处理试验重复3次,共15个试验小区。试验食葵品种为TKC2008,种植行距、株距、深度分别为50、35、5 cm。各处理在全生育期内的农艺措施(底肥量、播种量、锄草、灌水等)均一致,播前灌安种水1次,每一生育期设计灌水1次,灌水定额为750 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,共5次灌水。

表1 试验田不同土层深度土壤理化性质

测定项目	土层深度/cm				
	0~20	20~40	40~60	60~80	80~100
容重/(g·cm <sup>-3</sup> )	1.38	1.48	1.56	1.61	1.69
比重	2.61	2.63	2.56	2.56	2.61
孔隙率/%	49.81	45.94	41.21	38.75	38.63
田间持水率/%	21.73	22.15	22.87	23.69	24.56
有机质/%	0.80	0.68	0.57	0.34	0.38
碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	33.00	23.00	18.60	16.10	11.60
速效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	7.26	7.54	2.98	4.58	3.44
速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )	180.00	170.00	190.00	120.00	110.00
pH值	8.92	7.45	8.05	7.97	7.79
全磷/%	0.16	0.12	0.11	0.09	0.10
全氮/%	0.063	0.061	0.054	0.023	0.045
全钾/%	1.75	1.75	1.75	1.50	1.50

表2 各试验处理方案

处理	编号	备注
无覆盖	CK	
秸秆覆盖	S	将麦秸秆平铺在地表面,秸秆量为4 500 kg/hm <sup>2</sup>
地膜覆盖	F	当地普遍使用的覆盖方式
碎麦秸垫膜覆盖1	SF <sub>1</sub>	将1~2 cm长度的碎小麦秸秆铺在地膜下面,秸秆量为4 000 kg/hm <sup>2</sup>
碎麦秸垫膜覆盖2	SF <sub>2</sub>	将1~2 cm长度的碎小麦秸秆铺在地膜下面,秸秆量为4 500 kg/hm <sup>2</sup>

### 2.3 观测内容及方法

(1)土壤温度观测:主要测量土壤0、5、10、15、20、25 cm深度土层的温度。采用5支组地温计测量,全天地温每周1测(8:00-20:00),正常地温每天1测(8:00,12:00,20:00)。

(2)土壤水分测定:采用烘干法计算土壤含水量。在深度0~100 cm的土层中每10 cm取一土样进行测试,食葵全生育期内每隔15 d测定1次。

(3)生长动态的测定:

①出苗率的观测:从播种开始,记录播种量,观测每个试验小区的出苗数,并计算出苗率。

②株高:在食葵的全生育期内,每个生育期选10株测量其高度,然后取平均值。

③茎粗:在食葵的全生育期内,每个生育期选3株,用游标卡尺测量其茎粗。

④叶面积:从食葵出苗期(5月19日)至成熟期(8月22日)在每个试验小区抽取3~5株,量取其叶的长度和宽度,再根据公式(1)<sup>[35]</sup>计算食葵的近似叶面积。

$$S = k \cdot a \cdot b \quad (1)$$

式中: $S$ 为食葵的近似叶面积, $\text{cm}^2$ ;  $a$ 为叶片纵向长度, $\text{cm}$ ;  $b$ 为叶片横向宽度, $\text{cm}$ ;  $k$ 为叶面积调整系数,取 $k = 0.667$ 。

⑤产量及其干物质:在食葵的各生育期内,每个小区取5株测量其干物质,在收获期同样取5株测量其产量,然后估算整个种植小区的产量。

(4)土壤酶活性的测定:在食葵的全生育期内,每个生育期在深度0~40 cm的土层每10 cm取一土样进行测试,每个处理重复3次。

①蔗糖酶活性的测定:采用分光光度计比色法测定,其计算方法如公式(2)所示。

$$Suc = a_g \cdot V \cdot \frac{n}{m} \quad (2)$$

式中: $Suc$ 为土壤中葡萄糖的质量, $\text{mg/g}$ ;  $a_g$ 为由标准曲线求得的葡萄糖浓度, $\text{mg/mL}$ ;  $V$ 为显色液体积, $\text{mL}$ ;  $n$ 为分取倍数;  $m$ 为烘干后土的重量<sup>[36]</sup>, $\text{g}$ 。

②脲酶活性的测定:采用苯酚钠-次氯酸钠比色法<sup>[37]</sup>,其计算方法如公式(3)所示。

$$Urc = a_N \cdot V \cdot \frac{n}{m} \quad (3)$$

式中: $Urc$ 为24 h后1 g土壤中 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的质量, $\text{mg/g}$ ;  $a_N$ 为由标准曲线求得的 $\text{NH}_3\text{-N}$ 的浓度, $\text{mg/mL}$ ;  $V$ 为显色液体积, $\text{mL}$ ;  $n$ 为分取倍数;  $m$ 为烘干后土的重量<sup>[38]</sup>, $\text{g}$ 。

### 2.4 数据分析方法

采用IBM SPSS statistics 23进行数据统计分析,采用Origin 2017进行绘图分析。

## 3 结果与分析

### 3.1 覆盖方式对土壤水热的影响

3.1.1 覆盖方式对土壤温度的影响 食葵全生育期不同深度土壤的日平均温度变化趋势见图1。从图1中0~25 cm深度土壤温度的变化趋势可以看出,各处理温度大小依次为 $\text{SF}_1 > \text{SF}_2 > \text{F} > \text{CK} > \text{S}$ ,且 $\text{SF}_1$ 、 $\text{SF}_2$ 、 $\text{F}$ 处理的土壤温度差异较小,与 $\text{CK}$ 、 $\text{S}$ 处理相比温度较高,有较好的保温效果; $\text{CK}$ 处理由于没有保温措施,其温差变化较大,保温效果较差; $\text{S}$ 处理避免了太阳光的直射,土壤温度不易升高,温差变化不明显。整体来看, $\text{SF}_1$ 、 $\text{SF}_2$ 、 $\text{F}$ 处理的整体土壤温度显著高于 $\text{S}$ 、 $\text{CK}$ 处理。

食葵不同生育期各处理的土壤平均温度随土层深度的变化趋势见图2。从图2中可以看出,随土层深度的增加,土壤温度表现为降低趋势,且各生育期变化规律基本一致;食葵的整个生育期内,温度都是随着土层深度的增加呈降低趋势,其中 $\text{SF}_1$ 、 $\text{SF}_2$ 处理的土壤温度下降较慢,表明碎麦秸垫膜覆盖有较好的保温效果,而无覆盖条件下土壤表面与空气直接接触,受外界影响较大,土壤温度降低最快。整体来看,有覆盖的土层保温效果优于无覆盖, $\text{SF}$ 处理优于 $\text{F}$ 、 $\text{S}$ 处理。

3.1.2 覆盖方式对土壤水分的影响 水是制造有机物的原料,水分的多少直接影响着食葵的光合作用<sup>[39]</sup>,进而影响食葵产量。图3为不同处理下食葵全生育期0~20 cm深度土层的平均质量含水率变化曲线。由图3可以看出,在全生育期内,土壤含水率总体表现为先减小后波动增大再减小的趋势,各处理土壤含水率大小依次为 $\text{SF}_1 > \text{SF}_2 > \text{F} > \text{S} > \text{CK}$ ,且各生育期不同处理的土壤含水率变化趋势基本保持一致。总体来看, $\text{SF}_1$ 、 $\text{SF}_2$ 处理的土壤含水率总体高于其他覆盖方式,表明碎麦秸垫膜覆盖更有利于维持土壤水分,为食葵生长发育奠定了充足的水分条件。

### 3.2 覆盖方式对食葵生长动态的影响

3.2.1 对出苗率的影响 图4为不同处理下各试验小区的平均出苗率。由图4可以看出, $\text{SF}_1$ 处理出苗率最高,平均为93.7%, $\text{CK}$ 处理出苗率最低,平均为81.6%。各处理平均出苗率的排序为 $\text{SF}_1 > \text{SF}_2 > \text{F} > \text{S} > \text{CK}$ 。其中, $\text{SF}_1$ 处理与其他处理均呈极

显著性差异 ( $P < 0.01$ );  $SF_2$  处理与 F 处理呈显著性差异 ( $P < 0.05$ ), 与 CK、S 处理呈极显著性差异 ( $P < 0.01$ ); S 处理与 CK 处理呈极显著性差异

( $P < 0.01$ )。总体来看, 两种碎麦秸垫膜覆盖 ( $SF_1$ 、 $SF_2$ ) 和地膜覆盖 (F) 方式均能提高食葵的出苗率。

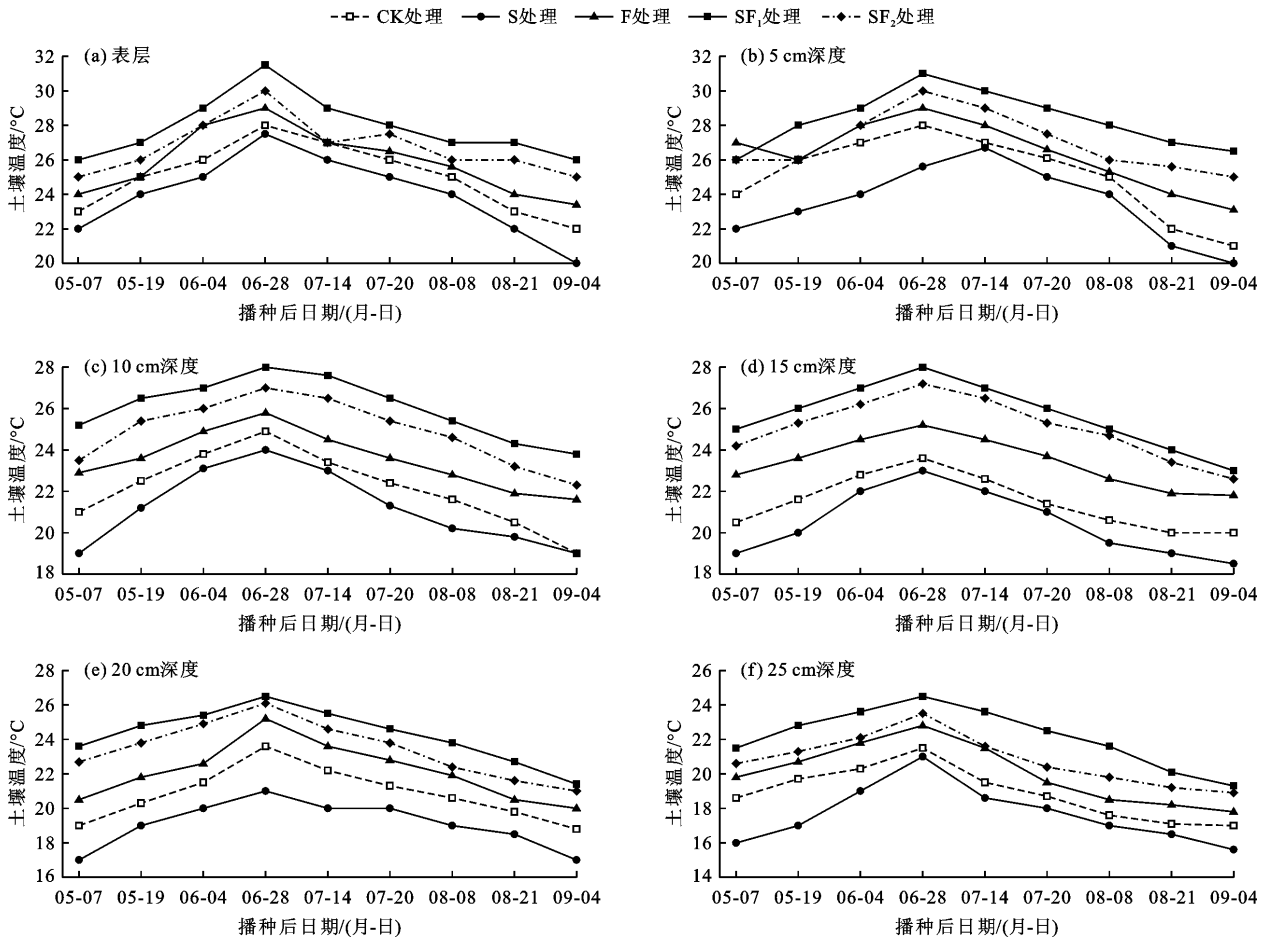


图1 食葵全生育期不同深度土壤的日平均温度变化趋势

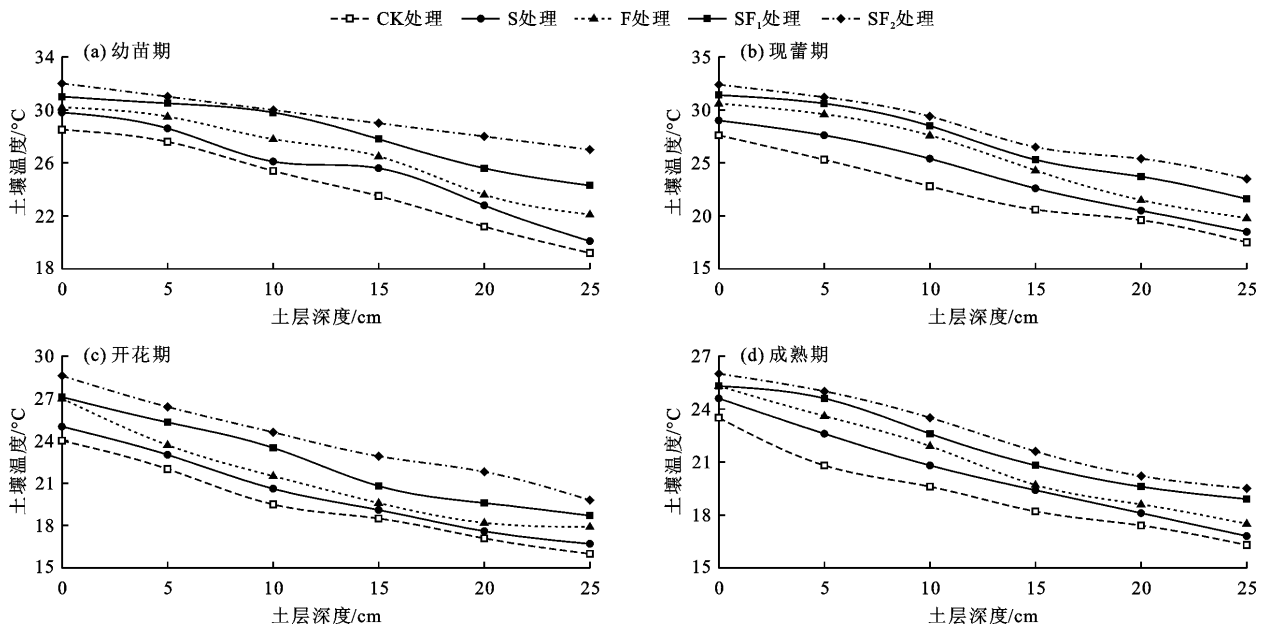


图2 食葵不同生育期各处理的土壤平均温度随土层深度的变化趋势

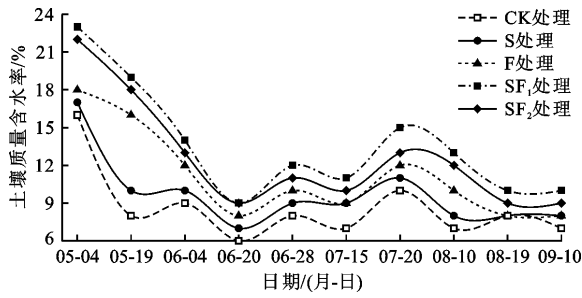
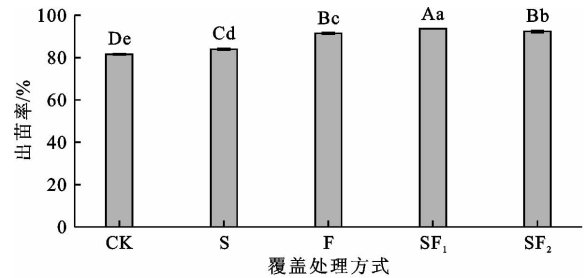


图 3 不同处理下食葵全生育期 0~20 cm 深度土层的平均质量含水率变化曲线

3.2.2 对株高、茎粗、叶面积的影响 株高、茎粗、叶面积是衡量食葵生长的重要指标,直接反映了食

葵的生长情况。图 5 为不同处理下食葵各个生育期的株高、茎粗、叶面积变化情况。



注:不同大写字母表示不同处理之间呈极显著性水平( $P < 0.01$ ),不同小写字母表示不同处理之间呈显著性水平( $P < 0.05$ ),下同。

图 4 不同处理下各试验小区的平均出苗率

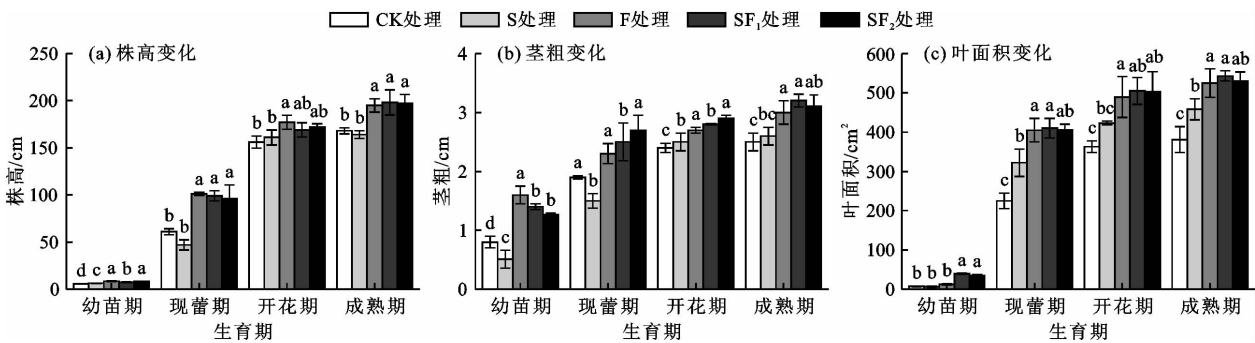


图 5 不同处理下食葵各生育期的株高、茎粗、叶面积变化

由图 5(a)可以看出,在食葵成熟期, SF<sub>1</sub> 处理下株高最大,为 198 cm; S 处理株高最小,为 164 cm,不同处理下株高大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > CK > S,其中 CK 处理与 S 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ ), CK、S 处理均与 F、SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 处理呈显著性差异 ( $P < 0.05$ ); 而 F、SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 处理两两之间无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。经统计分析可以看出,两种碎麦秸垫膜覆盖方式 SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 和 F 均能使得食葵的株高增加,其株高较无覆盖 CK 分别增大了 17.9%、17.3%、16.1%,促进了食葵的生长。

由图 5(b)中食葵全生育期的茎粗变化整体来看,前期茎粗增长较快,后期较慢,开花期至成熟期这个阶段的茎粗已基本稳定。成熟期不同处理下茎粗大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > S > CK,数据分析表明, SF<sub>1</sub> 处理与 SF<sub>2</sub>、CK、S 处理均呈显著性差异 ( $P < 0.05$ ),与 F 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),说明 SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub>、F 处理均能显著增大食葵茎粗的积累。

由图 5(c)可以看出,至成熟期时,CK 处理下叶面积最小,为 381 cm<sup>2</sup>, SF<sub>1</sub> 处理下叶面积最大,为 543 cm<sup>2</sup>,较 CK 处理增大了 42.5%,且 SF<sub>1</sub> 处理与 CK、S 处理均呈显著性差异 ( $P < 0.05$ ),与 F 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),与 SF<sub>2</sub> 处理差异不显著

( $P > 0.05$ )。

上述结果表明,碎麦秸垫膜覆盖 SF<sub>1</sub> 处理下的株高、茎粗、叶面积均为最优,可显著促进食葵干物质量的积累,为高产奠定了基础。

3.2.3 对生物产量的影响 作物的生物产量是衡量作物生长状况的重要指标。表 3 为试验小区食葵所产生的生物产量统计表,包括茎干重、花盘干重、叶片干重、百粒干重及总籽实产量干重。由表 3 可以看出, SF<sub>1</sub> 处理下茎干重为最大值,达到 6 510 kg/hm<sup>2</sup>,与 CK、S 有显著性差异 ( $P < 0.05$ ),与 SF<sub>2</sub>、F 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。不同处理总籽实产量大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > S > CK,最大产量为 4 780.95 kg/hm<sup>2</sup> (SF<sub>1</sub> 处理),最小产量为 3 304.95 kg/hm<sup>2</sup> (CK 处理)。CK 处理与 S 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ ),与 F、SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 处理有显著性差异 ( $P < 0.05$ ); F 处理与 SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 处理无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。从增产率来看, S、F、SF<sub>1</sub>、SF<sub>2</sub> 处理分别较 CK 处理增产了 7.9%、34.8%、44.7%、40.7%,且花盘干重、叶片干重和百粒干重均在 SF<sub>1</sub> 处理条件下达到最大值,分别为 22 114.8 kg/hm<sup>2</sup>、3 355.5 kg/hm<sup>2</sup>、18.15 g。

综上所述,碎麦秸垫膜覆盖措施可以有效地提

高食葵干物质的积累,其中碎麦秸垫膜覆盖 SF<sub>1</sub> 处理方式下增产最为明显。

表3 不同处理下试验小区食葵生物产量统计表

处理	茎干重/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	花盘干重/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	叶片干重/ (kg·hm <sup>-2</sup> )	百粒干重/g	总籽实产量 干重/(kg·hm <sup>-2</sup> )	增产率/ %
CK	3105 <sup>b</sup>	9015.0 <sup>b</sup>	1920.0 <sup>a</sup>	14.47 <sup>a</sup>	3304.95 <sup>b</sup>	
S	3675 <sup>b</sup>	11514.9 <sup>b</sup>	2055.0 <sup>a</sup>	15.92 <sup>a</sup>	3565.05 <sup>b</sup>	7.9
F	6255 <sup>a</sup>	17670.0 <sup>ab</sup>	3130.5 <sup>a</sup>	18.07 <sup>a</sup>	4455.00 <sup>a</sup>	34.8
SF <sub>1</sub>	6510 <sup>a</sup>	22114.8 <sup>a</sup>	3355.5 <sup>a</sup>	18.15 <sup>a</sup>	4780.95 <sup>a</sup>	44.7
SF <sub>2</sub>	6345 <sup>a</sup>	19045.5 <sup>ab</sup>	2646.0 <sup>a</sup>	16.49 <sup>a</sup>	4650.00 <sup>a</sup>	40.7

表4为食葵产量与株高、茎粗、叶面积的相关性分析结果。由表4可见,食葵产量与株高、茎粗、叶面积均呈极显著性正相关( $R > 0.5$ ),说明食葵产量与该3个指标有直接的联系,这也与生产实际相符。

### 3.3 覆盖方式对土壤酶活性的影响

图6为不同处理下食葵各生育期表层土壤酶活性的变化趋势;图7为不同处理下食葵现蕾期土壤酶活性随土层深度的变化趋势。

表4 食葵产量与主要农艺指标的相关性分析

指标	产量	株高	茎粗	叶面积
产量	1	0.969**	0.998**	0.959**
株高		1	0.967**	0.878*
茎粗			1	0.948**
叶面积				1

注:“\*”、“\*\*”分别表示在  $P < 0.05$  和  $P < 0.01$  水平时的显著性。

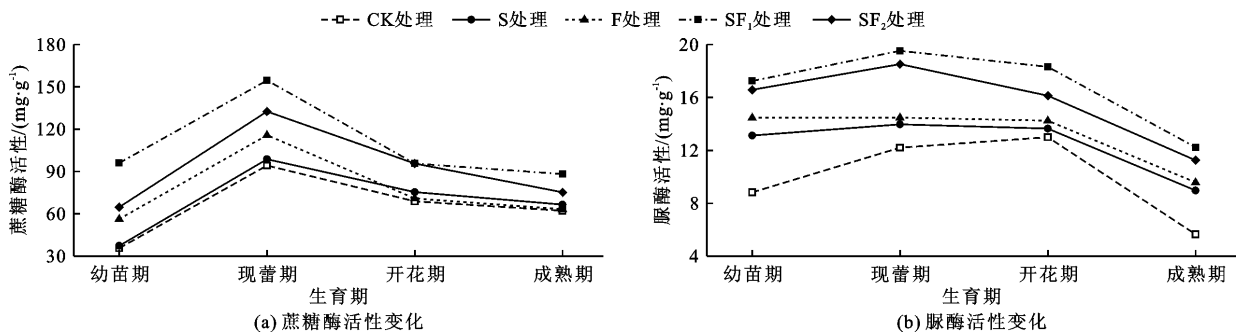


图6 不同处理下食葵各生育期表层土壤酶活性的变化趋势

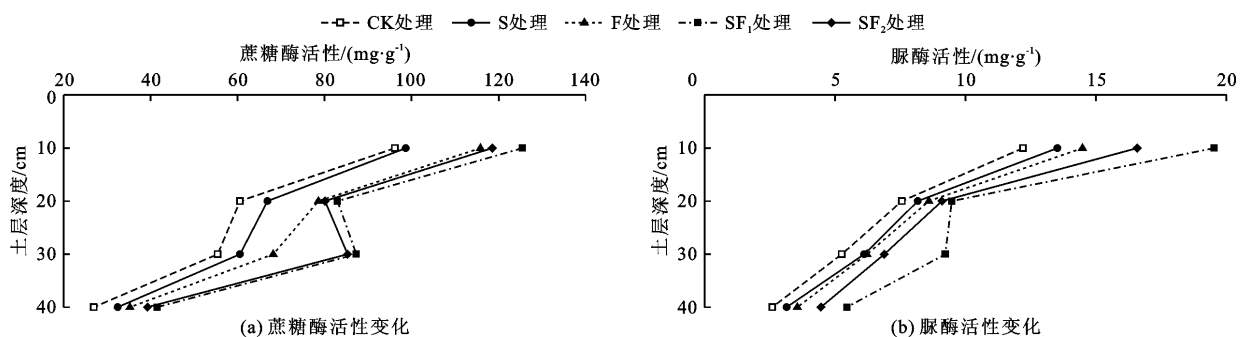


图7 不同处理下食葵现蕾期土壤酶活性随土层深度的变化趋势

由图6(a)可以看出,在食葵整个生育期内,蔗糖酶活性整体表现为先增大后减小的趋势,在现蕾期达到最大,其原因是现蕾期土壤温度达到最高值,更有利于微生物的生存与活动。不同处理下蔗糖酶活性也有较大差异,其大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > S > CK。现蕾期 SF<sub>1</sub> 处理下蔗糖酶活性达到最大

值,为 154.56 mg/g,较无覆盖 CK 处理增加了 64.1%。图6(b)显示脲酶活性的变化趋势与蔗糖酶活性基本一致,也表现为先增大后减小,在现蕾期达到最大值(仅 CK 处理在开花期达到最大值),各处理脲酶活性大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > S > CK, SF<sub>1</sub> 处理下现蕾期脲酶活性达到 19.53 mg/g,较无

覆盖 CK 处理增加了 60.1%,说明碎麦秸垫膜覆盖有利于微生物的繁殖。

图 7 可以看出,在不同的处理下,土层越深则酶活性越小,其中 0~20 cm 深度土层的酶活性变化率较大,20~40 cm 深度土层的酶活性整体变化率较小,蔗糖酶活性与脲酶活性随土层深度的变化规律相似。SF<sub>1</sub> 处理下的各土层酶活性最高。

从食葵的各生育期和现蕾期垂直土层的酶活性变化来看,碎麦秸垫膜覆盖 SF<sub>1</sub> 下的酶活性效果最好。

## 4 讨论

本次试验表明,不同覆盖措施下的食葵产量大小依次为 SF<sub>1</sub> > SF<sub>2</sub> > F > S > CK。郭小龙等<sup>[21]</sup>研究发现碎麦秸垫膜覆盖下食葵产量较 F、S、CK 处理分别提高了 2.1%、11.9%、14.8%,并通过分析指出,其原因可能是碎麦秸垫膜覆盖措施下的土壤水热状况及土壤酶活性促进了作物的生长发育,改变了食葵冠层结构,提高了作物光能利用效率,从而为食葵籽粒的增产奠定了基础。

碎麦秸垫膜覆盖具有维持土壤水分、降低土壤蒸发、提高水分利用率、维持土壤温度等优点,Sauer 等<sup>[40]</sup>认为覆盖层的存在可以有效地减少太阳的直射并增加热量,而本研究发现不同的覆盖方式会对土壤水热产生不同程度的影响,碎麦秸垫膜覆盖下的土壤温度普遍高于无覆盖和秸秆覆盖,更有利于食葵种子的萌发和生长。碎麦秸垫膜处理下,土壤温度下降的变化率相对较小,与惠施佳等<sup>[41]</sup>的研究得出的结论相似,并且碎麦秸垫膜覆盖下土壤含水率也高于其他覆盖措施。因而碎麦秸垫膜覆盖对维持土壤温度和保持土壤含水率均有更好的效果,更加有利于食葵生长。

株高、茎粗、叶面积、出苗率等是植株生长过程中的重要形态指标,也是表征作物生长优劣的直观因素<sup>[42]</sup>。本试验研究发现,食葵在 SF<sub>1</sub> 处理下出苗率最高,平均为 93.7%,SF<sub>2</sub> 次之,平均为 92.4%,F、S、CK 处理的平均出苗率分别为 91.5%、84.0%、81.6%,而且后续生长中 SF<sub>1</sub> 处理下食葵的株高、茎粗、叶面积均为最优。张金霞<sup>[43]</sup>在向日葵和玉米种植研究中发现,碎麦秸垫膜覆盖处理下的出苗率远高于秸秆覆盖和无覆盖,且各形态指标也为最优,与本文研究结果相同。

郭书亚等<sup>[44]</sup>、刘长源等<sup>[45]</sup>的研究发现,秸秆覆盖处理下土壤酶活性随土层深度的增加而降低,随玉米生育期的变化先增大后减小,且在开花期达到

最大值。本试验通过对食葵的种植研究表明,土壤蔗糖酶和脲酶活性也随土层深度的增加而降低,且随着生育期也是先增大后减小,但在食葵现蕾期达到最大值,这有可能是种植天气变化不同所导致的差异,也有可能是因为在地膜和秸秆的双重作用下,更有利于土壤保温、保湿及微生物的快速繁殖而导致。目前关于碎麦秸垫膜覆盖下作物的生长状况及土壤酶活性方面的研究较少,关于用什么秸秆覆盖、种植何种作物以及在某种覆盖措施下单位面积秸秆的覆盖量等问题还需进一步研究。

## 5 结论

(1) 碎麦秸垫膜覆盖具有保持土壤温度和维持土壤水分等优点。

(2) 碎麦秸垫膜覆盖能够提高食葵的出苗率、增加食葵干物质的积累、提高食葵的籽实产量。

(3) 碎麦秸垫膜覆盖下土壤酶活性在食葵全生育期内均处于最高水平,该覆盖方式对于改善西北旱区恶劣的土壤环境、提高土壤微生物数量以及改善土壤结构有着重要的作用。

### 参考文献:

- [1] 孙强强,张平,孙丹峰. 甘肃民勤土地退化治理政策效果分析[J]. 土壤通报,2018,49(5):1060-1065.
- [2] 薛文瑞,杨自辉,张永,等. 民勤荒漠绿洲植被覆盖对地下水和降水变化的响应[J]. 中国农学通报,2022,38(8):102-109.
- [3] 王强强,杨自辉,郭树江,等. 灌水量对民勤干旱沙区枣生长和产量的影响[J]. 中国农学通报,2022,38(9):71-74.
- [4] 滑永春,李增元,高志海. 2001 年以来甘肃民勤植被覆盖变化分析[J]. 干旱区研究,2017,34(2):337-343.
- [5] 马倩倩,董博,许旺旺,等. 干旱区耕地质量等级评价及土壤养分与盐渍化的分析研究——以民勤绿洲为例[J]. 干旱区地理,2021,44(2):514-524.
- [6] 姜宛贝. 干旱区土地退化遥感监测方法研究[D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [7] 钱欣. 东北地区西部燕麦带状间作模式构建及氮素利用机制研究[D]. 北京:中国农业大学,2017.
- [8] 常磊,韩凡香,柴雨葳,等. 秸秆带状覆盖对半干旱雨养区冬小麦耗水特征和产量的影响[J]. 应用生态学报,2019,30(12):4150-4158.
- [9] 何振嘉,刘全祖. 覆盖对贺兰山东麓滴灌酿酒葡萄产量和品质的影响[J]. 排灌机械工程学报,2022,40(5):488-495.
- [10] 杨玥. 旱地保护性耕作对土壤水肥特征与作物产量的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2021.
- [11] 马建涛,柴守玺,程宏波,等. 农田秸秆覆盖技术及其应



- 用研究进展[J]. 生态学杂志, 2022, 41(3): 597-602.
- [12] 梁建财, 史海滨, 杨树青, 等. 秸秆覆盖对盐渍土壤水盐状况及向日葵产量的影响[J]. 土壤通报, 2014, 45(5): 1202-1206.
- [13] 独亮亮, 张金霞, 任芳芳. 施肥和覆盖对向日葵生长的影响[J]. 农业工程, 2022, 12(2): 134-138.
- [14] 张建兵, 杨劲松, 姚荣江, 等. 有机肥与覆盖方式对滩涂围垦农田水盐与作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2013, 29(15): 116-125.
- [15] 刘燕青, 王计磊, 李子忠. 秸秆覆盖对土壤水分和侵蚀的影响研究进展[J]. 水土保持研究, 2021, 28(6): 429-436.
- [16] 谢成俊, 王平, 陈娟. 不同覆盖方式对农田土壤水热状况及马铃薯产量的影响[J]. 土壤通报, 2019, 50(5): 1151-1158.
- [17] 李岩华, 闫金龙, 霍成斌, 等. 玉米鲜秸秆覆盖旱地小麦拔节前土壤温度效应[J]. 山西农业科学, 2019, 47(6): 998-1001.
- [18] 杨慧敏, 王涛, 窦瑛霞, 等. 不同降水年型地膜覆盖及秸秆覆盖提高小麦产量和氮素利用的效应[J]. 植物营养与肥料学报, 2021, 27(11): 1905-1914.
- [19] 徐欣, 王笑影, 鲍雪莲, 等. 长期免耕不同秸秆覆盖量对玉米产量及其稳定性的影响[J]. 应用生态学报, 2022, 33(3): 671-676.
- [20] 张金霞, 贾生海, 成自勇. 西北旱区碎麦秸垫式膜上灌对玉米出苗及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2015, 33(6): 117-121.
- [21] 郭小龙, 张金霞, 杨腾腾, 等. 覆盖方式对土壤热效应和食葵生长的研究[J]. 水利规划与设计, 2020(1): 83-88.
- [22] 李明思, 康绍忠, 杨海梅. 地膜覆盖对滴灌土壤湿润区及棉花耗水与生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(6): 49-54.
- [23] 周昌明. 地膜覆盖及种植方式对土壤水氮利用及夏玉米生长、产量的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [24] 毕继业, 王秀芬, 朱道林. 地膜覆盖对农作物产量的影响[J]. 农业工程学报, 2008, 24(11): 172-175.
- [25] 冯浩, 刘匡, 余坤, 等. 不同覆盖方式对土壤水热与夏玉米生长的影响[J]. 农业机械学报, 2016, 47(12): 192-202.
- [26] GAO Haihe, YAN Changrong, LIU Qin, et al. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis[J]. Science of the Total Environment, 2018, 651(Part 1): 484-492.
- [27] 李仙岳, 彭遵原, 史海滨, 等. 不同类型地膜覆盖对土壤水热与葵花生长的影响[J]. 农业机械学报, 2015, 46(2): 97-103.
- [28] 张永涛, 汤天明, 李增印, 等. 地膜覆盖的水分生理生态效应[J]. 水土保持研究, 2001, 8(3): 45-47.
- [29] 申胜龙, 李援农, 银敏华, 等. 秸秆量对垄沟二元覆盖夏玉米农田耗水及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(4): 60-66.
- [30] ZHANG Jinxia, ZHANG Fu, XING Zisheng, et al. Effects of mulching with crushed wheat straw padding and plastic film on sunflower emergence, yield, and yield components under different irrigation intensity in the northwest arid regions[J]. Canadian Journal of Soil Science, 2021, 101(3): 466-479.
- [31] 李援农, 刘玉洁, 李芳红, 等. 膜上灌水技术的生态环境效应研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(11): 60-63.
- [32] 边雪廉, 岳中辉, 焦浩, 等. 土壤酶对土壤环境质量指示作用的研究进展[J]. 土壤, 2015, 47(4): 634-640.
- [33] 张剑, 高宇, 任永峰, 等. 垄膜集雨种植对土壤微生物及酶活性的影响[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1103-1108.
- [34] 左玉环, 刘高远, 杨莉莉, 等. 陕西渭北柿子园种植白三叶草对土壤养分和生物学性质的影响[J]. 应用生态学报, 2019, 30(2): 518-524.
- [35] 胡林. 植物叶面积系数法改进研究[J]. 中国农学通报, 2015, 31(5): 228-233.
- [36] 朱珊. 密度和氮肥对直播油菜生长发育与氮素利用的影响研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2013.
- [37] 李玉才. 局部有机质改良对旱区苹果园养分利用及生长结果的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2018.
- [38] 覃英飒. 东北平原盐渍区水田土壤合理耕层指标体系构建[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2020.
- [39] 刘洋. 水肥调控对设施番茄生长和土壤改良作用的影响[D]. 河北: 河北农业大学, 2018.
- [40] SAUER T J, HATFIELD J L, PRUEGER J H. Corn residue age and placement effects on evaporation and soil thermal regime[J]. Soil Science Society of America Journal, 1996, 60(5): 1558-1564.
- [41] 惠施佳, 张金霞. 碎麦秸垫膜覆盖对土壤水热及食葵生长的影响[J]. 农业工程, 2021, 11(2): 81-88.
- [42] 鲁耀泽, 夏玉红, 乌兰其其格, 等. 不同水肥模式对盐渍化农田向日葵生长及产量的影响[J]. 节水灌溉, 2021(7): 36-40+45.
- [43] 张金霞. 西北旱区碎麦秸垫式膜上灌的高效用水机理及土壤环境效应研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2013.
- [44] 郭书亚, 尚赏, 王坤, 等. 秸秆覆盖深松对夏玉米田土壤酶活性的影响[J]. 中国农学通报, 2022, 38(25): 96-101.
- [45] 刘长源, 焦凤丽, 洪圣哲, 等. 不同覆盖处理对土壤酶活性和土壤养分的影响[J]. 华北农学报, 2021, 36(S1): 246-252.