

# 不同群体结构对烟草生长发育及产质量的影响

王志勇 (中国烟草总公司重庆市公司彭水分公司, 重庆 409600)

**摘要** [目的]探讨烤烟适宜的种植密度。[方法]以云烟85为试验材料,设置120 cm×45 cm、120 cm×50 cm、120 cm×55 cm、120 cm×60 cm 4个密度处理,分析不同群体结构对烟草生长发育及产质量的影响。[结果]不同密度对烟叶生育期有较大影响,与120 cm×45 cm密度处理相比,120 cm×60 cm密度处理生育期缩短15 d,农艺性状差异达到显著水平,化学成分以高密度的120 cm×45 cm、120 cm×50 cm较为协调。低密度处理烟叶较高密度处理烟叶感官质量差异主要体现在香气量足,刺激性大,且香气质得分较低。综合来看,以120 cm×50 cm为最佳种植密度。[结论]该试验可为烤烟种植提供参考,促进烤烟产质量的平衡。

**关键词** 烟草;群体结构;生长发育;产质量

中图分类号 S572 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2017)14-0035-04

## Effects of Population Structure on Growth and Development and Yield and Quality of Tobacco

WANG Zhi-yong (Pengshui Branch, Chongqing Company, China National Tobacco Corporation, Chongqing 409600)

**Abstract** [Objective] The suitable planting density was investigated for flue-cured Tobacco. [Method] Four density treatments (120 cm×45 cm, 120 cm×50 cm, 120 cm×55 cm, 120 cm×60 cm) were set to analyze effects of population structure on growth and development and yield and quality of tobacco. [Result] Planting density had great effect on growth period of tobacco. Compared with density treatment 120 cm×45 cm, growth period of density treatment 120 cm×60 cm shortened 15 days, there were significant differences in agronomic characters. Chemical constituents of high density treatment (120 cm×45 cm, 120 cm×50 cm) were better. The sensory quality differences between low density treatments and high density treatments were as follows: for low density treatments, concentration of aroma was sufficient, irritation was obvious, score of aroma quality was low. Optimum planting density was 120 cm×50 cm. [Conclusion] The experiment could offer reference for planting flue-cured tobacco to improve yield and quality.

**Key words** Tobacco; Population structure; Growth and development; Yield and quality

烟草是一种以叶片为收获目标的经济作物,烤烟的质量和产量对烟叶生产具有同等重要的意义。一般而言,烟草的产量和质量是一个矛盾体,随着产量的上升烤烟的质量呈先升后降的趋势<sup>[1]</sup>。而烟株的群体密度结构是影响烟叶产量的重要因素。因此,合适的烤烟种植密度对平衡烟叶的产质量具有重要意义。

烟株群体结构直接影响烟叶光合作用,决定烟叶干物质的累积及烟草品质<sup>[2-3]</sup>。不同种植密度在烟株进入旺长期后形成的田间小气候不同,密度较大的烤烟田间的通风、光照、土温、气温都有不同程度地下降,对中下部烟叶的影响较大<sup>[4]</sup>。研究指出,随着密度的增加,叶片变小,变薄,单叶重下降,烤烟整体结构等级下降,香气量减少,劲头小。而种植密度较大的烟叶叶片大,身份较厚,含梗率较高,弹性、疏松度相对较差,劲头大,香气量足,杂气、刺激性较强<sup>[5-6]</sup>。

烟草产量由种植密度、单棵叶片数以及单叶重三因素构成,三者间协调与否决定烟叶的产量。有研究表明,随着烟叶密度的增加,烟叶单叶重呈下降的趋势,产量呈上升的趋势,但评吸得分和上等烟比例以高密度烟较优。只有在合理的种植密度下,形成合理的群体结构,群体和个体协调均衡发展,烟叶的产量和质量才能得到保证。

该试验以新烤烟品种云烟85为材料,通过对不同种植密度的烟叶产质量的研究,寻求一种较优的种植密度,为烟叶的大田生产提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于重庆市彭水县(28°57' ~

29°50'N, 107°48' ~ 108°35'E),地处武陵山区,居乌江下游,以山地面积为主。彭水属中亚热带湿润季风气候区,多年平均气温17.50℃,常年平均降雨量1 104.20 mm,年均蒸发量950.40 mm,年均气压978.60 hPa,无霜期311 d。

### 1.2 试验品种

云烟85。

**1.3 试验设计** 根据种植株行距,试验共设4个密度处理, T<sub>1</sub>密度为120 cm×45 cm; T<sub>2</sub>密度120 cm×50 cm; T<sub>3</sub>密度为120 cm×55 cm; T<sub>4</sub>密度为120 cm×60 cm,3次重复,随机区组排列,每个小区面积50 m<sup>2</sup>。其余种植措施按照当地优质烟叶配套生产技术体系实施。

**1.4 农艺性状的调查与测定** 记录比较不同处理不同生育期的时间以及不同处理间初烤期、终烤期,记录各处理不同时期农艺性状、烤后烟叶等级结构及经济效益。

**1.5 常规化学指标的检测** 对烤后烟叶的化学成分总糖、还原糖、烟碱、氯、钾、淀粉、总氮等指标采取流动分析法进行检测分析。

**1.6 感官质量的评价** 对各处理X2F、C3F、B2F 3个等级烟叶进行初烤单料烟进行评吸,分别给香气量、香气质、杂气、浓度、烟气特征(透发性+细腻度)、劲头、刺激性、余味、燃烧性、灰色10项指标进行打分,各指标赋值分别为12、12、12、12、7、9、12、16、4、4,总分100。

**1.7 数据分析** 用EXCEL、SPSS对数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同处理对烤烟各生育时期的影响** 不同密度影响田间光照、水肥的分配利用,对烤烟个体生长发育有着一定的影响。一般认为,密度较低的烤烟由于具有较充足的阳光、通风及温度等优势,更容易积累较多的干物质,较快地完成个体生长发育。由表1可看出,不同种植密度对烤烟生育期

**作者简介** 王志勇(1988—),男,湖南沅江人,硕士,从事烟草栽培种植与生理生化研究。

**收稿日期** 2017-03-27

的影响主要表现在旺长期以后,密度越大,进入旺长期的时间越长,其中 $T_4$ 处理最快进入旺长期,较 $T_1$ 处理快6 d,现蕾期较 $T_1$ 早5 d,初烤时期较 $T_1$ 早3 d,终烤期较 $T_1$ 早18 d。

整个大田生育期以 $T_4$ 最短,为134 d,与生育期最长的 $T_1$ 处理间相差15 d。

**2.2 不同处理烤烟农艺性状的比较** 由表2可以看出,不

表1 不同处理各生育期比较

Table 1 Comparison on growth period of different treatments

| 处理<br>Treatment | 移栽期<br>Transplanting<br>period | 团棵期<br>Resettling<br>Growth Stage | 旺长期<br>Fast growth<br>period | 现蕾期<br>Squaring<br>period | 初烤期<br>Initial baki-<br>ng period | 终烤期<br>Final baki-<br>ng period | 大田生育期<br>Field growth<br>period//d |
|-----------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|---------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| $T_1$           | 04-16                          | 05-13                             | 06-07                        | 06-28                     | 07-06                             | 09-14                           | 149                                |
| $T_2$           | 04-16                          | 05-13                             | 06-05                        | 06-27                     | 07-06                             | 09-10                           | 145                                |
| $T_3$           | 04-16                          | 05-13                             | 06-03                        | 06-25                     | 07-03                             | 08-28                           | 133                                |
| $T_4$           | 04-16                          | 05-13                             | 06-01                        | 06-23                     | 07-03                             | 08-27                           | 134                                |

同处理间的农艺性状呈现相同的规律性,存在各项指标的数据与密度大小呈负相关的趋势,均为 $T_1 < T_2 < T_3 < T_4$ 。其中,株高 $T_4$ 与其余处理达到极显著差异, $T_3$ 与其余处理达到极显著差异, $T_1$ 、 $T_2$ 间存在显著差异,极差达到14.15 cm。各处理茎围差异不明显,极差为1.20 cm。叶数 $T_3$ 、 $T_4$ 与 $T_1$ 、 $T_2$ 间存在显著差异,极差为2.80片。叶长 $T_4$ 显著高于除 $T_3$ 外

的其余处理,极差为6.20 cm。叶宽 $T_4$ 显著高于 $T_1$ 处理,其余处理间的差异不明显。节距 $T_1$ 显著小于其他处理,极差为0.35 cm。造成此现象的原因可能如下:不同密度间后期叶片接受的光照、水肥不同,且通风等环境条件存在一定的差异,低密度的烟田平均每株烟获得的光照、养分相对更多,有利于烟叶的生长发育。

表2 不同处理打顶时期烤烟农艺性状对比

Table 2 Comparison on agronomic characters of different treatments in topping period

| 处理<br>Treatment | 株高<br>Plant height<br>cm | 茎围<br>Stem girth<br>cm | 叶数<br>Leaf number<br>片 | 叶长<br>Leaf length<br>cm | 叶宽<br>Leaf width<br>cm | 节距<br>Pitch<br>cm |
|-----------------|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------|
| $T_1$           | 105.60 dC                | 10.20 a                | 20.80 b                | 65.40 b                 | 31.80 b                | 3.50 b            |
| $T_2$           | 115.80 cC                | 10.25 a                | 21.60 b                | 66.80 b                 | 32.80 ab               | 3.67 a            |
| $T_3$           | 122.60 bB                | 11.20 a                | 22.75 a                | 69.30 ab                | 33.00 a                | 3.75 a            |
| $T_4$           | 129.75 aA                | 11.40 a                | 23.60 a                | 71.60 a                 | 33.65 a                | 3.85 a            |

注:不同的大小写字母表示在0.01、0.05水平差异显著

Note: Different capital letters and lowercases stand for significant differences at 0.01, 0.05 level, respectively

## 2.3 不同处理间化学成分的比较

**2.3.1 上部叶。**由表3可以看出,各处理总糖随着种植密度的降低而增加,其中 $T_4$ 处理与 $T_1$ 处理间存在显著差异,

还原糖含量呈现相同的趋势,但各处理间的差异不明显。烟碱含量各处理间的差异不明显,数值以 $T_1$ 最低, $T_3$ 、 $T_4$ 最高。各处理间淀粉、氯、钾、总氮的含量无明显差异。

表3 不同处理烤烟上部叶化学成分含量

Table 3 Chemical composition contents of upper leaf of different treatments

| 处理<br>Treatment | 总糖<br>Total<br>sugar | 还原糖<br>Reducing<br>Sugar | 烟碱<br>Nicotine | 淀粉<br>Starch | 氯<br>Chlorine | 钾<br>Potassium | 总氮<br>Totalnitrogen |
|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|---------------------|
| $T_1$           | 33.2 b               | 29.7 a                   | 2.9 a          | 5.3 a        | 4.2 a         | 1.83 a         | 2.61 a              |
| $T_2$           | 35.2 ab              | 32.1 a                   | 3.1 a          | 5.5 a        | 4.7 a         | 1.81 a         | 2.63 a              |
| $T_3$           | 36.3 ab              | 33.7 a                   | 3.3 a          | 5.7 a        | 4.8 a         | 1.86 a         | 2.82 a              |
| $T_4$           | 37.1 a               | 33.5 a                   | 3.3 a          | 5.4 a        | 4.4 a         | 1.82 a         | 2.81 a              |

注:不同的小写字母表示在0.05水平差异显著

Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

**2.3.2 中部叶。**由表4可以看出,不同处理间总糖含量以 $T_4$ 最高,显著高于 $T_1$ 处理,总糖含量呈现随着密度降低而升高的趋势。还原糖含量亦呈现相同的趋势,但各处理间无显著差异。烟碱含量以 $T_1$ 最低,显著低于其余处理。淀粉含量 $T_3$ 、 $T_4$ 显著高于 $T_1$ 、 $T_2$ 。钾、氯和总氮含量各处理间差异不明显。

**2.3.3 下部叶。**由表5可以看出,各处理总糖含量以 $T_4$ 最高, $T_1$ 最低,两者间存在显著差异,其余处理差异不明显。还原糖含量各处理间差异不显著,淀粉含量以 $T_3$ 、 $T_4$ 较高,显著高于 $T_1$ 、 $T_2$ 。烟碱、氯、总氮含量各处理间差异不明显。表明较低的密度有助于下部叶积累干物质,对提升下部叶的质量有一定的作用。

表 4 不同处理烤烟中部叶化学成分含量

Table 4 Chemical composition contents of middle leaf of different treatments

%

| 处理<br>Treatment | 总糖<br>Total<br>sugar | 还原糖<br>Reducing<br>Sugar | 烟碱<br>Nicotine | 淀粉<br>Starch | 氯<br>Chlorine | 钾<br>Potassium | 总氮<br>Total nitrogen |
|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------------|
| T <sub>1</sub>  | 33.2 b               | 29.8 a                   | 2.3 b          | 4.6 b        | 4.1 a         | 1.85 a         | 2.11 a               |
| T <sub>2</sub>  | 34.5 ab              | 30.5 a                   | 2.5 a          | 4.6 b        | 4.3 a         | 1.82 a         | 2.13 a               |
| T <sub>3</sub>  | 35.7 ab              | 31.4 a                   | 2.5 a          | 4.9 a        | 4.2 a         | 1.83 a         | 2.22 a               |
| T <sub>4</sub>  | 36.3 a               | 32.3 a                   | 2.7 a          | 5.1 a        | 4.5 a         | 1.85 a         | 2.31 a               |

注:不同的小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

表 5 不同处理烤烟下部叶化学成分含量

Table 5 Chemical composition contents of lower leaf of different treatments

%

| 处理<br>Treatment | 总糖<br>Total<br>sugar | 还原糖<br>Reducing<br>Sugar | 烟碱<br>Nicotine | 淀粉<br>Starch | 氯<br>Chlorine | 钾<br>Potassium | 总氮<br>Total nitrogen |
|-----------------|----------------------|--------------------------|----------------|--------------|---------------|----------------|----------------------|
| T <sub>1</sub>  | 35.6 b               | 32.8 a                   | 1.71 a         | 2.5 b        | 4.4 a         | 1.91 a         | 1.62 a               |
| T <sub>2</sub>  | 36.5 ab              | 33.5 a                   | 1.75 a         | 2.5 b        | 4.6 a         | 1.95 a         | 1.64 a               |
| T <sub>3</sub>  | 36.7 ab              | 33.4 a                   | 1.74 a         | 2.8 a        | 4.3 a         | 1.96 a         | 1.66 a               |
| T <sub>4</sub>  | 37.1 a               | 34.3 a                   | 1.77 a         | 2.9 a        | 4.7 a         | 1.93 a         | 1.64 a               |

注:不同的小写字母表示在 0.05 水平差异显著

Note: Different lowercases stand for significant differences at 0.05 level

## 2.4 不同处理间感官质量的比较

**2.4.1 上部叶。**由表 6 可以看出,香气质以 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 最高,T<sub>4</sub> 最低,随着种植密度的降低香气量有下降的趋势。香气量随着种植密度的降低有升高的趋势,其极差达到 1.22 分。杂

气以 T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 的得分较高,T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 得分较低。浓度以 T<sub>1</sub> 处理最低,其余处理持平,极差为 0.22 分。烟气特征各处理呈先降后升的趋势,但各处理间的差值较小。劲头、刺激性、余味各处理间的差异不明显。

表 6 不同处理上部叶感官质量比较

Table 6 Comparison on sensory quality of upper leaf of different treatments分

| 处理<br>Treatment | 香气质<br>Quality of<br>aroma | 香气量<br>Concentration<br>of aroma | 杂气<br>Offensive<br>odor | 浓度<br>Concen-<br>tration | 烟气<br>特征<br>Smoke<br>characteristics | 劲头<br>Strength | 刺激性<br>Irritancy | 余味<br>After taste | 燃烧性<br>Combustion | 灰分<br>Ash | 总分<br>Total score |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| T <sub>1</sub>  | 8.67                       | 8.67                             | 8.00                    | 8.67                     | 5.12                                 | 8.17           | 8.00             | 10.74             | 3.11              | 3.11      | 72.26             |
| T <sub>2</sub>  | 8.67                       | 8.67                             | 8.00                    | 8.89                     | 4.99                                 | 8.33           | 8.00             | 10.81             | 3.11              | 3.11      | 72.58             |
| T <sub>3</sub>  | 8.23                       | 9.33                             | 7.55                    | 8.89                     | 4.93                                 | 8.33           | 8.00             | 10.52             | 3.11              | 3.11      | 72.00             |
| T <sub>4</sub>  | 7.78                       | 9.89                             | 7.55                    | 8.89                     | 5.06                                 | 8.17           | 7.78             | 10.44             | 3.11              | 3.11      | 71.78             |

**2.4.2 中部叶。**由表 7 可以看出,香气质的得分以 T<sub>3</sub> 最高,T<sub>4</sub> 最低,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 持平。香气量以 T<sub>4</sub> 得分最高,极差达到 0.67 分。杂气得分 T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 得分较高,T<sub>1</sub>、T<sub>4</sub> 得分较低。浓度以 T<sub>4</sub> 最高,T<sub>2</sub> 最低,极差为 0.67 分。烟气特征、劲头以低密度的

烟叶得分较高,高密度的得分较低。刺激性 T<sub>4</sub> 的得分最低,T<sub>2</sub> 最高,剩余两处理间得分持平。余味、燃烧性、灰色各处理间的差异不明显。

**2.5 不同处理等级结构及经济效益的比较** 由表 8 可以看

表 7 不同处理中部叶感官质量比较

Table 7 Comparison on sensory quality of middle leaf of different treatments

分

| 处理<br>Treatment | 香气质<br>Quality of<br>aroma | 香气量<br>Concentration<br>of aroma | 杂气<br>Offensive<br>odor | 浓度<br>Concen-<br>tration | 烟气特征<br>Smoke chara-<br>cteristics | 劲头<br>Strength | 刺激性<br>Irritancy | 余味<br>Aftertaste | 燃烧性<br>Combustion | 灰分<br>Ash | 总分<br>Total score |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------|------------------------------------|----------------|------------------|------------------|-------------------|-----------|-------------------|
| T <sub>1</sub>  | 8.45                       | 8.45                             | 8.00                    | 8.67                     | 4.80                               | 8.67           | 8.00             | 10.85            | 3.11              | 3.11      | 72.11             |
| T <sub>2</sub>  | 8.45                       | 8.22                             | 8.45                    | 8.22                     | 4.86                               | 8.67           | 8.22             | 10.97            | 3.11              | 3.04      | 72.21             |
| T <sub>3</sub>  | 8.67                       | 8.67                             | 8.67                    | 8.45                     | 5.06                               | 9.00           | 8.00             | 10.96            | 3.09              | 3.04      | 73.61             |
| T <sub>4</sub>  | 8.22                       | 8.89                             | 8.00                    | 8.89                     | 5.06                               | 9.00           | 7.78             | 10.52            | 3.11              | 3.18      | 72.65             |

出,不同处理间上等烟比例以 T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 较高,T<sub>2</sub>、T<sub>1</sub> 较低;中等烟比例 T<sub>4</sub> 最高,其余密度处理较为接近;下等烟比例 T<sub>1</sub> 最高,达 15.1%,T<sub>4</sub> 最低,为 7.4%,这与 T<sub>4</sub> 光照、水肥条件较

好,内涵物质较丰富有关。均价 T<sub>4</sub> 最高,T<sub>1</sub> 最低,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 较为接近。产量一般认为在一定密度范围内,密度较大的烟田能获得较大的产量,但此次试验产量 T<sub>2</sub> 最高,T<sub>1</sub> 次之,T<sub>4</sub> 最低,

其因为  $T_1$  处理密度过大,下部叶遮阳严重,田间鲜烟叶素质较差,难以正常落黄成熟;且加之 2016 年后期雨水较多,下部叶含水量较高,烘烤转火时机难以把握,烤后下部叶容

易黑枯,烘烤后的级外烟较多,导致总体产量下降。各处理产值以  $T_2$  最高, $T_3$ 、 $T_4$  较为接近, $T_1$  最低,其极差达到 4 618.5元/hm<sup>2</sup>。

表 8 不同处理等级结构及经济效益比较

Table 8 Comparison on grade structure and economic benefit of different treatments

| 处理<br>Treatment | 上等烟比例<br>High class<br>leaf rate//% | 中等烟比例<br>Middle class<br>leaf rate//% | 下等烟比例<br>Low class<br>leaf rate//% | 均价<br>Average<br>price//元/kg | 产量<br>Yield<br>kg/hm <sup>2</sup> | 产值<br>Output value<br>元/hm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|---|
| $T_1$           | 53.2                                | 31.7                                  | 15.1                               | 26.3                         | 2 130                             | 56 019.0                                |
| $T_2$           | 55.2                                | 32.1                                  | 12.7                               | 27.5                         | 2 205                             | 60 637.5                                |
| $T_3$           | 58.3                                | 32.7                                  | 9.0                                | 27.7                         | 2 070                             | 57 339.0                                |
| $T_4$           | 57.1                                | 35.5                                  | 7.4                                | 28.4                         | 2 010                             | 57 084.0                                |

### 3 结论

在烤烟实际生产中,合适的种植密度是构建合理群体结构的主要措施,对控制烟株养分吸收分配、光照、株型和生长发育有重要意义,进而对烤烟的品质和产量产生影响。但烤烟的生产受环境、人为等的影响较为复杂,可能会在一定的范围内存在一定程度的波动。就该次试验的结果而言,低密度的烟叶生育期较短,低密度烟叶的光照、单株养分分配相对充足,干物质积累较多,成熟较早。一般认为,烟株株型以直筒型、腰鼓型较好,而伞型、塔型则是存在缺陷的株型。该试验表明,低密度的烟株株高较高,整体长势较旺,不属于中棵烟,而密度 120 cm × 50 cm、120 cm × 45 cm 的处理株型较为合适,属于标准的中棵烟。烟叶的化学成分是烟草品质的具体内涵表现,此次试验表明,低密度的烟叶烟碱含量增高,糖和淀粉的含量也有增高的趋势,这与其光合作用相对较为强烈有关。

感官质量是衡量烟叶品质的最重要因素。低密度烟叶

的香气量得分较高,但存在香气质和杂气得分下降的问题。香气量过多,会破坏香气质,影响香气质的得分,使香气质的得分下降,甚至成为一种杂气。因此,不能以牺牲香气质来获得香气量。经济性状方面,以密度 120 cm × 50 cm 处理表现较好,产量和产值最高。密度 120 cm × 60 cm 处理虽然均价和上等烟比例较高,但产量较低,不符合烟农利益。综合而言,以 120 cm × 50 cm 的种植密度最佳。

### 参考文献

- [1] 曹卫星. 作物学通论[M]. 北京:高等教育出版社,2003.
- [2] 姜洪甲,马维广,邢世东,等. 烤烟不同栽培密度与留叶数对烟叶品质的影响[J]. 中国农学通报,2010,26(16):124-128.
- [3] 王付锋,赵铭钦,张学杰,等. 种植密度和留叶数对烤烟农艺性状及品质的影响[J]. 江苏农业学报,2010,26(3):487-492.
- [4] 胡荣海. 云南烟草栽培学[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [5] 赵元宽,陈江华. 中烟与菲·莫技术合作开发优质烟叶的收获和体会(一)[J]. 烟草科技,2000(7):35-38.
- [6] 赵元宽,陈江华. 中烟与菲·莫技术合作开发优质烟叶的收获和体会(二)[J]. 烟草科技,2008(8):34-37.
- [7] 李毅,邵明安,王文焰,等. 覆膜不同开孔程度蒸发条件下土壤水热变化动态研究[J]. 土壤学报,2004,41(3):387-393.
- [8] 李毅,王全九,王文焰,等. 覆膜开孔土壤蒸发的水盐分布特征及运移规律研究[J]. 植物营养与肥料学报,2005,11(2):187-193.
- [9] ZAONGO C G L, WENDT C W, LASCAO R J, et al. Interactions of water, mulch and nitrogen on sorghum in Niger[J]. Plant and soil, 1997, 197(1): 119-126.
- [10] ZHANG S L, LI P R, YUN Y X, et al. Effects of tillage and plastic mulch on soil water, growth and yield of spring-sown maize[J]. Soil and tillage research, 2011, 112(1): 92-97.
- [11] 王敏. 不同材料覆盖对黄土高原旱地春玉米生长及土壤环境的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2011.
- [12] 刘爽,何文清,严昌荣,等. 不同耕作措施对旱地农田土壤物理特性的影响[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(2):65-70.
- [13] 揣峻峰,谢永生,秦改弟,等. 地膜与秸秆双重覆盖对渭北苹果园土壤水分及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(3):26-30.
- [14] 高亚军,李生秀. 旱地秸秆覆盖条件下作物减产的原因及作用机制分析[J]. 农业工程学报,2005,21(7):15-19.
- [15] 陈素英,张喜英,裴冬,等. 玉米秸秆覆盖对麦田土壤温度和土壤蒸发的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(10):171-173.
- [16] 杨宏羽,李欣,王波,等. 膜下滴灌油葵土壤水热高效利用及高产效应[J]. 农业工程学报,2016,32(8):82-88.

(上接第 28 页)

很大提高。分析其原因,可能是 PSM 处理提高了土壤持水能力,减少了土壤水分无效消耗的同时,促进了作物的生长,提高了作物的产量,进而提高了水分利用效率。说明在盐碱原土种植油葵采用 PSM 处理能更好地提高天然降水的生产潜力,对节水生产有促进效果。

### 参考文献

- [1] 王遵亲,祝寿泉,俞仁培. 中国盐渍土[M]. 北京:科学出版社,1993.
- [2] 王全九,王文焰,吕殿青,等. 膜下滴灌盐碱地水盐运移特征研究[J]. 农业工程学报,2000,16(4):54-57.
- [3] 纪永福,蔺海明,杨自辉,等. 夏季覆盖盐碱地表面土壤盐分和水分的的影响[J]. 干旱区研究,2007,24(3):375-381.
- [4] 郭文聪,樊贵盛. 原生盐碱荒地的盐分积累与运移特性[J]. 农业工程学报,2011,27(3):84-88.
- [5] BEZBORODOV G A, SHADMANOV D K, MIRHASHIMOV R T, et al. Mulching and water quality effects on soil salinity and sodicity dynamics and cotton productivity in Central Asia[J]. Agriculture ecosystems & environment, 2010, 138(1/2):95-102.
- [6] 李毅,邵明安,王文焰,等. 不同灌水定额条件下的覆膜开孔蒸发实验研究[J]. 水科学进展,2004,15(3):357-363.