

不同粒径保水剂对土壤水分特性及 干旱胁迫下烟苗生长发育的影响

夏茂林¹, 李洪臣², 赵华新³, 李鹏宇¹, 刘玲玲²,
关卫东⁴, 常剑波², 王志军^{4*}, 姬小明^{1*}

(1.河南农业大学 烟草学院, 郑州 450002; 2.河南省烟草公司三门峡市公司,
河南 三门峡 472000; 3.河南农业大学 生命科学学院, 郑州 450002;
4.三门峡烟草公司卢氏县分公司, 河南 三门峡 472200)

摘 要:【目的】探索不同粒径保水剂对土壤水分特性及干旱胁迫下烟苗生长发育的影响, 为提高烟草抗旱能力提供理论依据。【方法】将不同粒径保水剂(T1: 0.3~1.0 mm, T2: 1.0~2.5 mm, T3: 2.5~4.75 mm)与土壤混合, 以不施保水剂为对照(CK), 研究不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系的田间持水率和保水率的影响, 并通过盆栽试验研究不同粒径保水剂对干旱胁迫下烟苗生长发育的影响。【结果】2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理下的土壤-保水剂混合体系的田间持水率最高, 较 CK 提高 30.49%; 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理下的土壤-保水剂混合体系保水能力最强; 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理有效缓解了干旱胁迫对烟苗的不利影响, 促进了烟苗生物量积累, 延后了烟苗萎蔫和死亡时间, 烟苗叶片总含水率、相对含水率、自由水量较 CK 分别提高 4.93%、24.35%、11.81%; 束缚水量、束缚水/自由水较 CK 分别降低 5.25%、16.18%, SOD(超氧化物歧化酶)、POD(过氧化物酶)、CAT(过氧化氢酶)活性和 MDA(丙二醛)、可溶性蛋白量较 CK 分别降低了 114.86%、211.93%、67.05%和 273.29%、27.73%。【结论】1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理下的土壤-保水剂混合体系田间持水率较高、保水能力最强, 可有效缓解干旱胁迫对烟苗的不利影响。

关键词: 保水剂; 粒径; 水分; 干旱胁迫; 烟苗

中图分类号: S27

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022212

OSID:



夏茂林, 李洪臣, 赵华新, 等. 不同粒径保水剂对土壤水分特性及干旱胁迫下烟苗生长发育的影响[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(11): 14-21.

XIA Maolin, LI Hongchen, ZHAO Huaxin, et al. Effect of Water Adsorption Polymer Size on Soil Water Retention and Growth of Tobacco Seedlings[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(11): 14-21.

0 引言

【研究意义】我国大部分烟草种植区降水量少且季节分布不均, 部分地区灌溉条件有限, 导致土壤水分不足, 无法满足烟株正常生长所需的水分^[1]。保水剂是一种具有高吸水性和高保水性的高分子材料, 能够吸收超过自身质量几百倍至上千倍的水分, 可以反复吸水 and 释水^[2]。其作用机理是在降水或灌溉时, 将土壤中的水分进行吸收和保存, 再将水分缓慢释放以供作物持续利用^[3]。当前, 保水剂已成为我国多数烟草种植区的关键抗旱手段之一。然而, 不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系水分特性的

影响在遵循保水剂自身特性的同时, 还受到土壤理化特性的影响, 是一个错综复杂的过程。目前, 保水剂在烟草种植区的应用还处于发展阶段, 不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系水分特性的相关研究还有待进一步完善, 且不同粒径保水剂对烟苗生长发育的影响尚不明确。

【研究进展】粒径对保水剂本身特性影响不同, 小粒径保水剂吸水速率快、吸水倍率高, 但保水能力较差; 大粒径保水剂吸水速率慢、吸水倍率低, 但保水能力较强^[4-5]。李兴等^[6]在砂壤土中添加了不同粒径保水剂, 得出大粒径保水剂更有利于提高土壤孔隙度, 增加土壤液相比比例, 提高土壤含水率。马鑫等^[7]研究认为, 由于壤砂土的孔隙较大、黏粒量较少, 对保水剂的吸水特性影响较小, 因此, 小粒径保水剂处理的土壤-保水剂混合体系含水率较高。Banedjschafie 等^[8]研究认为, 由于小粒径保水剂与土壤的有效接触面积更大, 土壤中微小颗粒和养分离

收稿日期: 2022-04-17

基金项目: 河南省烟草公司三门峡市公司项目(2022411200200004x)

作者简介: 夏茂林(1997-), 男。硕士研究生, 主要研究烟草化学。

E-mail: 2359533942@qq.com

通信作者: 姬小明(1972-), 女。教授, 博士生导师, 主要研究烟草化学。E-mail: xiaomingji@henau.edu.cn

王志军(1968-), 男。助理农艺师, 主要从事烟叶生产管理。

E-mail: wangzhijun19681204@163.com

子更易进入保水剂内部，破坏其内部结构，影响小粒径保水剂吸水膨胀能力，导致土壤-保水剂混合体系含水率较低。此外，土壤保水能力对植物抗旱具有重要影响。已有研究表明，施用保水剂能显著提高土壤保水能力，缓解干旱胁迫对植物的不利影响^[9]，但不同粒径保水剂对土壤保水能力和植物抗旱效果的影响鲜有报道。

【切入点】当前，保水剂对烟草抗旱的研究主要集中在不同种类保水剂和保水剂的不同用量方面。聚丙烯酸盐型保水剂由于聚合方法和生产工艺已相对成熟，性能指标较好，吸水率高且成本低，已在烟草种植领域大量应用。然而，大多数研究均是在未明确其不同粒径的抗旱能力下进行的，这将导致保水剂很难呈现最佳的抗旱能力^[10-11]。【拟解决的关键问题】鉴于此，本研究以 0.3~1.0、1.0~2.5 mm 和 2.5~4.75 mm 粒径聚丙烯酸盐型保水剂为试验材料，通过盆栽试验探究不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系水分特性及干旱胁迫下烟苗生长发育的影响，以期保水剂在烟草抗旱技术中的应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料

研究用烟苗品种为 K326；保水剂为聚丙烯酸盐型保水剂（由恒广源吸水材料有限公司制造），粒径分别为 0.3~1.0、1.0~2.5、2.5~4.75 mm；供试土壤为黄褐土（风干后过 60 目筛，属于耕作土），取自河南农业大学许昌校区科教园区，土壤 pH 值为 7.55，有机质量为 20.04 g/kg，碱解氮量为 72.80 mg/kg，速效磷量为 9.40 mg/kg，速效钾量为 120.30 mg/kg，水溶性氮量为 23.80 mg/kg。

1.2 土壤试验

1.2.1 田间持水率测定

准确称取 0.5 g 不同粒径的保水剂，分别与 200.0 g 风干土混匀后装入塑料盆中，塑料盆规格为 7 cm×7 cm（直径×高度），底部有小孔。采用浸水法使土壤吸水饱和，将装有保水剂和风干土的塑料盆（ Ma , g）浸入 3 cm 深的水中，吸水饱和后取出放置 24 h，待土壤水分稳定后开始测量整个塑料盆质量（ Mb , g）。试验期间注意保持土壤形态，以免影响试验结果，每个处理重复 3 次，田间持水率计算方法为：

$$\text{田间持水率}(\%) = \frac{Mb - Ma}{\text{土壤质量} + \text{保水剂质量}} \times 100\%, \quad (1)$$

1.2.2 保水率测定及土体情况记录

按 1.2.1 的方法测定塑料盆未浸水时的质量（ Ma , g），浸水饱和后的塑料盆质量（ Mb , g），将浸

水饱和后塑料盆自然放置，每隔 1 d 测定其质量（ Mi , g）。保水率计算方法为：

$$\text{保水率}(\%) = \frac{Mi - Ma}{Mb - Ma} \times 100\%, \quad (2)$$

式中： Ma 为未浸水的塑料盆质量（g）； Mb 为浸水饱和后的塑料盆质量（g）； Mi 为浸水饱和后塑料盆每天的质量（g）。

将自然放置干燥 15 d 后的土体拍照记录。

1.3 盆栽试验

试验设置 4 个处理，具体的试验设计方案见表 1。将 200.0 g 风干土与不同粒径保水剂混匀，倒入塑料盆，每个处理均移栽 12 株烟苗。将移栽好后的盆栽浸入 3 cm 水层中静置 8 h，确保每个盆栽吸水后土壤达到饱和状态，此后不再进行灌水，于移栽 11 d 后取样。

表 1 试验设计方案

Table 1 Test design scheme

处理	土壤用量/ (g 盆 ⁻¹)	保水剂 粒径/mm	保水剂用量/ (g 盆 ⁻¹)	吸水饱和后 土壤含水率/%
CK	200	/	/	38.13
T1	200	0.3~1.0	0.5	45.48
T2	200	1.0~2.5	0.5	49.83
T3	200	2.5~4.75	0.5	50.64

1.3.1 烟苗生物量、萎蔫时间、死亡时间测定

参考文献[12]的方法测定烟苗生物量，参考文献[13]的方法测定烟苗开始萎蔫时间（每天 21:00 观测烟苗，如出现萎蔫，于次日 09:00 再进行观测，如仍然萎蔫，则开始记录）、死亡时间（每天 21:00 观测烟苗，当烟苗出现干枯，轻触后发生破碎现象，则记录烟苗死亡）。

1.3.2 叶片水分指标测定

采用快速称质量法测定叶片水分。取生长点下第 3 片叶，称其质量（ Ma , g），随后浸没到黑暗条件下 4 ℃去离子水中静置 5 h，随后用滤纸擦干叶片表面水分，称其质量（ Mb , g），再将此叶片浸没于黑暗条件下 4 ℃的 65%蔗糖溶液中静置 5 h，随后用去离子水洗净、擦干，称其质量（ Mc , g）。最后将叶片在 65 ℃条件下烘干至恒质量，称其干质量（ Md , g）。

$$\text{自由水量}/\% = \frac{Ma - Mc}{Ma} \times 100\%, \quad (3)$$

$$\text{总含水率}/\% = \frac{Ma - Md}{Ma} \times 100\%, \quad (4)$$

$$\text{束缚水量}/\% = \text{总含水率}/\% - \text{自由水量}/\%, \quad (5)$$

$$\text{相对含水率}/\% = \frac{Ma - Md}{Mb - Md} \times 100\%, \quad (6)$$

$$\text{水分饱和亏}/\% = \frac{Mb - Ma}{Mb - Md} \times 100\%, \quad (7)$$

1.3.3 叶片抗氧化酶活性测定与 DAB、Trypan blue 染色

叶片超氧化物歧化酶 (SOD) 活性采用氮蓝四唑法测定, 过氧化氢酶 (CAT) 活性采用紫外吸收法测定, 过氧化物酶 (POD) 活性采用愈创木酚法测定。DAB 染色参照 Shi 等^[14]方法, Trypan blue 染色参照 Islam 等^[15]方法。

1.3.4 叶片可溶性蛋白、丙二醛 (MDA) 量测定

叶片可溶性蛋白量测定采用考马斯亮蓝 G-250 比色法, MDA 量测定采用硫代巴比妥酸法。

1.4 数据分析

所有试验数据均通过 Excel 2016 和 SPSS 软件进行统计分析, 采用 Duncan 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系田间持水率的影响

由图 1 可知, 各粒径保水剂均能显著提高田间持水率, 其中 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理下的田间持水率与 2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理无显著差异, 但均显著高于 0.3~1.0 mm 粒径保水剂, 较 CK 和 0.3~1.0 mm 粒径保水剂分别提高了 28.04%、11.34% 和 30.49%、13.47%。

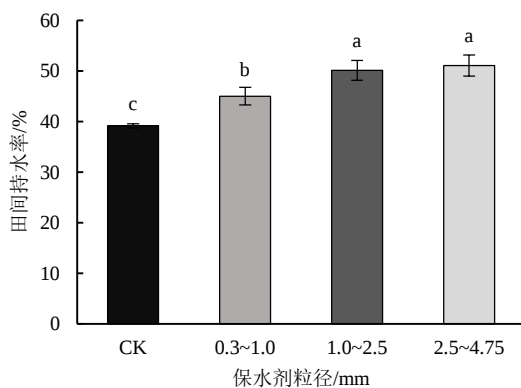


图 1 不同粒径保水剂土壤-保水剂混合体系田间持水率

Fig.1 Effect of different particle sizes of water absorbent polymer on field water capacity of soil water retaining agent mixture system

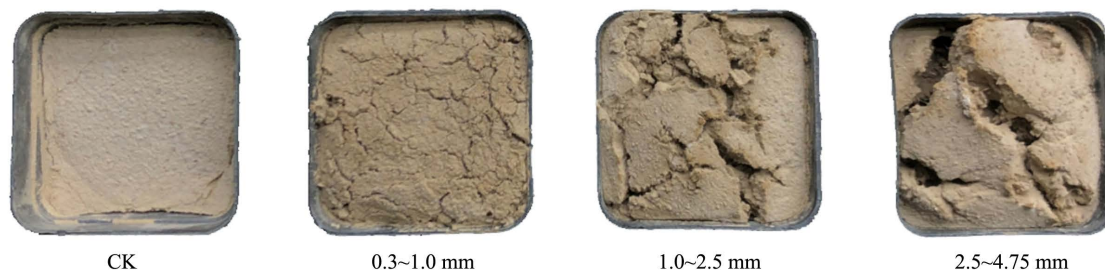


图 3 不同粒径保水剂土体状况

Fig.3 Effect of water absorbent polymer with different particle size on soil condition

2.2 不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系保水率的影响

由图 2 可知, 1.0~2.5 mm 粒径保水剂能较好地提高土壤-保水剂混合体系的保水率。0.3~1.0 mm 粒径保水剂处理在第 2~6 d 的保水率均低于 CK, 在第 7 天后才开始略高于 CK。2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理的保水率整体高于 CK 和 0.3~1.0 mm 粒径保水剂处理, 但低于 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理。在第 10 天, CK、0.3~1.0、1.0~2.5 mm 和 2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理的保水率分别为 3.87%、9.80%、20.04% 和 15.31%。CK 在第 11 天时的保水率趋于 0, 而 0.3~1.0、1.0~2.5 mm 和 2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理的保水率接近 0 时分别在第 12、14、14 天。

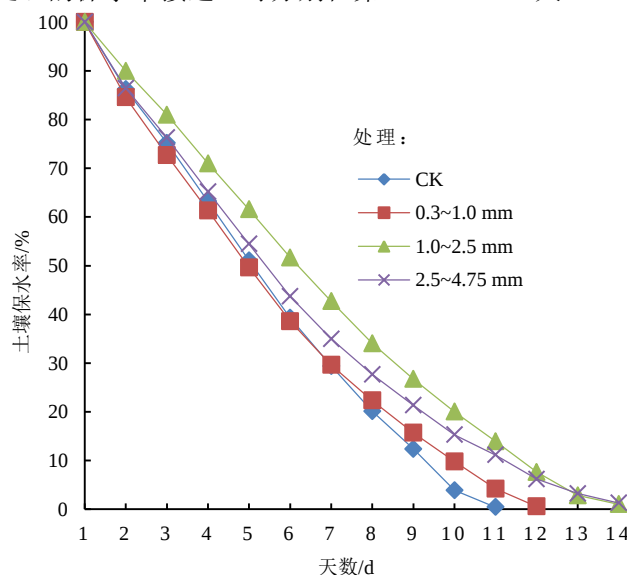


图 2 不同粒径保水剂土壤-保水剂混合体系保水率

Fig.2 Effect of different particle sizes of water absorbent polymer on water retention rate of soil water retaining agent mixed system

2.3 不同粒径保水剂对土体的影响

在土壤中施用保水剂会使土壤膨胀 (图 3)。CK 由于没有添加保水剂, 保持了土壤原始形态, 0.3~1.0 mm 粒径保水剂吸水膨胀时体积变化较小, 因此土壤形成细小裂缝, 1.0~2.5、2.5~4.75 mm 粒径保水剂下的土壤体积变化较大, 土壤出现较大裂缝, 2.5~4.75 mm 粒径处理下的裂缝最为明显。

2.4 干旱胁迫下不同粒径保水剂对烟苗生理特性的影响

移栽 10 d 后，不施保水剂处理的烟苗出现萎蔫，而施用保水剂处理下的烟苗表现均良好；移栽后 11 d，T1 处理和 T3 处理下的烟苗均出现不同程度的萎蔫，T2 处理烟苗表现良好（图 4）。由表 2 可知，保水剂处理较 CK 均显著增加了烟苗鲜质量和干质量，其中以 T2 处理效果最好，显著高于 T1 处理。保水剂处

理均延后了烟苗的萎蔫时间，其中以 T2 处理效果最佳，较 CK、T1 处理和 T3 处理分别延后了 2、1 d 和 0.67 d。T2、T3 处理显著增加了萎蔫时的土壤含水率，这是由于粒径大的保水剂在后期的释水阻力增大所致。保水剂处理均显著延迟了烟苗的死亡时间，其中以 T2、T3 处理效果较好，较 CK 和 T1 处理延迟了 2.34 d 和 1 d。

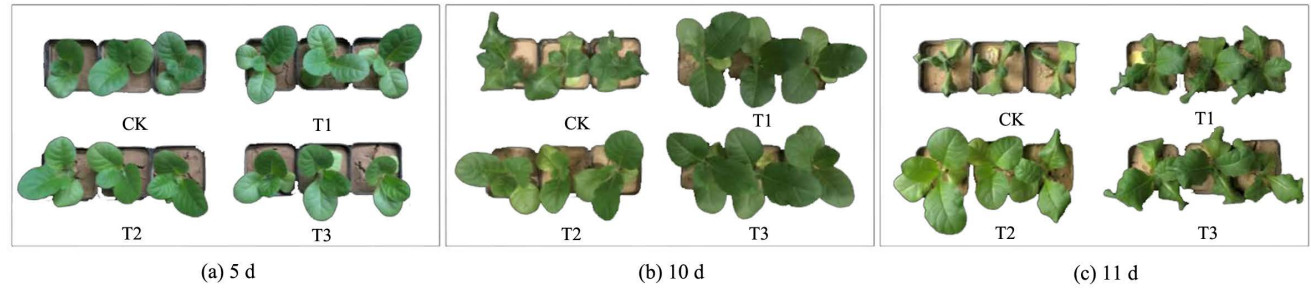


图 4 不同粒径保水剂下的烟苗生长情况

Fig.4 Effects of water absorbent polymer with different particle sizes on the growth of tobacco seedlings

表 2 不同粒径保水剂下的烟苗生物量及生理特性

Table 2 Effects of water absorbent polymer with different particle sizes on biomass and physiological characteristics of tobacco seedlings

处理	幼苗 鲜质量/g	幼苗 干质量/g	萎蔫 时间/d	萎蔫时土壤 含水率/%	死亡 时间/d
CK	3.24c	0.367c	9.67c	2.95b	14.33b
T1	3.83b	0.387b	10.67b	3.06b	15.67a
T2	4.18a	0.403a	11.67a	4.20a	16.67a
T3	3.97ab	0.397ab	11.00ab	4.33a	16.67a

注 同列不同小写字母表示各处理差异显著 ($P<0.05$)，下同。

2.5 干旱胁迫下不同粒径保水剂对烟苗叶片水分的影响

由表 3 可知，保水剂提高了叶片总含水率，T2 处理效果较好，较 CK、T1 处理和 T3 处理分别提高

4.93%、3.33%和 2.00%。保水剂显著提高了叶片自由水量，T2 处理效果最佳，较 CK、T1 处理和 T3 处理分别提高 11.81%、6.14%和 4.23%。保水剂处理降低了烟叶的束缚水量和束缚水/自由水，这可能是由于 CK 受到的干旱胁迫较为严重，烟苗为抵御干旱逆境，促进了自身自由水向束缚水的转化；保水剂处理均显著提高了烟叶的相对含水率，T2 处理效果最佳，分别较 CK、T1 处理和 T3 处理提高 24.35%、8.60%和 10.17%。植物水分缺失越严重，其水分饱和亏数值越大，T2 处理较 CK、T1、T3 处理均显著降低了叶片的水分饱和亏，分别降低 63.51%、41.32%、45.08%。

表 3 不同粒径保水剂下的烟苗叶片水分

Table 3 Effects of water absorbent polymer with different particle sizes on leaf moisture of tobacco seedlings

处理	总含水率/%	自由水量/%	束缚水量/%	束缚水/自由水	相对含水率/%	水分饱和亏/%
CK	87.19 $\pm$ 1.18b	51.98 $\pm$ 1.95c	35.21 $\pm$ 0.86a	0.68 $\pm$ 0.04b	72.29 $\pm$ 3.42c	27.71 $\pm$ 3.42c
T1	88.54 $\pm$ 2.32ab	54.76 $\pm$ 1.39b	33.78 $\pm$ 1.15a	0.62 $\pm$ 0.02a	82.77 $\pm$ 3.40b	17.23 $\pm$ 3.40b
T2	91.49 $\pm$ 1.20a	58.12 $\pm$ 0.98a	33.36 $\pm$ 1.02a	0.57 $\pm$ 0.02a	89.89 $\pm$ 1.83a	10.11 $\pm$ 1.83a
T3	89.69 $\pm$ 1.63ab	55.76 $\pm$ 1.10ab	33.93 $\pm$ 1.08a	0.61 $\pm$ 0.02a	81.59 $\pm$ 3.04b	18.41 $\pm$ 3.04b

2.6 干旱胁迫下不同粒径保水剂对烟苗叶片抗氧化酶活性的影响

干旱胁迫会导致植物体内活性氧 (ROS) 大量积累，必须依靠自身抗氧化酶系统对抗其毒害作用，因此，在烟苗受到干旱胁迫时，其抗氧化酶活性会大幅上升。由图 5 可知，保水剂处理较 CK 显著降低了烟苗叶片的 SOD、POD、CAT 活性，且均以 T2 处理最低。T2 处理的 SOD 活性较 CK、T1、T3 处理分别降低 114.86%、53.42%、14.66%，POD 活性分别降低 211.93%、38.42%、36.04%，CAT 活性

分别降低 67.05%、34.68%、43.64%。

2.7 干旱胁迫下不同粒径保水剂对烟苗叶片 MDA 量和可溶性蛋白量的影响

植物在遭受干旱胁迫时，体内 ROS 大量积累，从而加剧膜脂过氧化，造成细胞膜氧化损伤，MDA 是膜脂过氧化最终产物之一。保水剂处理均显著降低叶片中 MDA 量（图 6），T1 处理与 T3 处理间无显著差异，且均显著高于 T2 处理。T2 处理较 CK、T1 处理和 T3 处理分别降低了 273.29%、127.51%和 84.27%。可溶性蛋白是植物细胞质中最主要的渗透

调节物质之一，当植物遭受干旱胁迫时，会主动积累可溶性蛋白来维持较低的渗透势，抵抗干旱胁迫。由图 6 可知，T2、T3 处理显著降低了叶片中可溶性

蛋白量，有效缓解了干旱对烟苗的影响。T2 处理较 CK 和 T1 处理分别降低了 27.73%、18.03%。

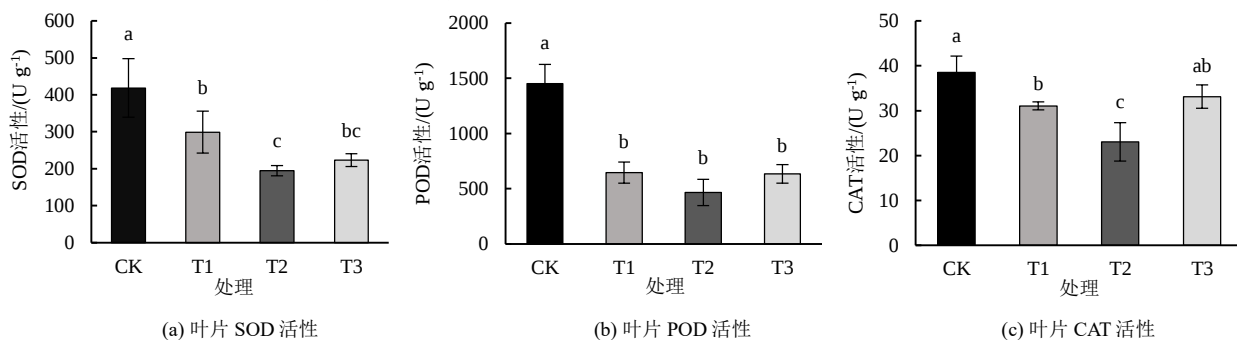


图 5 不同粒径保水剂下的烟苗叶片抗氧化酶活

Fig.5 Effect of different particle size water absorbent polymer on antioxidant enzyme activity of tobacco seedling leaves

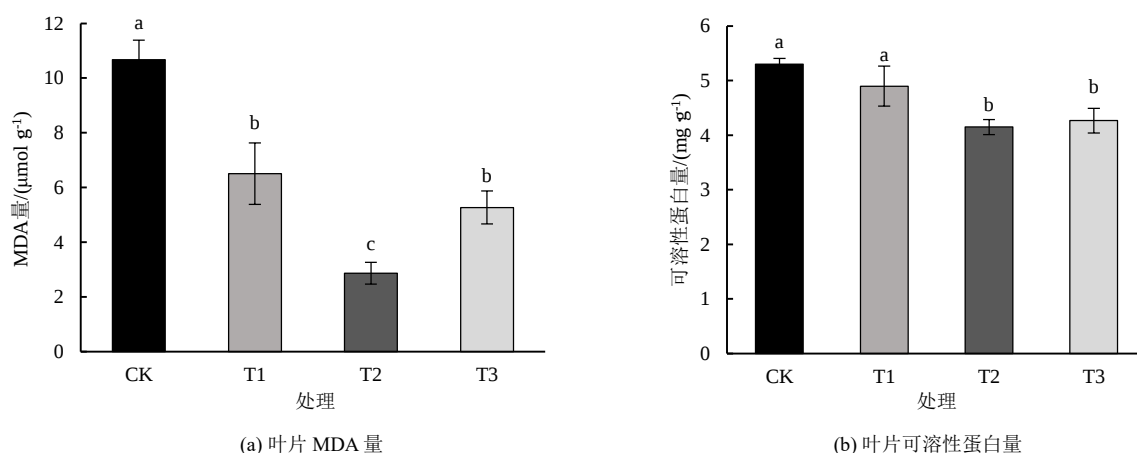


图 6 不同粒径保水剂下的烟苗叶片 MDA 量和可溶性蛋白量

Fig.6 Effects of water absorbent polymer with different particle sizes on MDA and soluble protein contents in leaves of tobacco seedlings

2.8 干旱胁迫下不同粒径保水剂对烟苗叶片 DAB、Trypan blue 染色的影响

DAB 可与植物体内 H_2O_2 反应生成棕色物质，当植物遭受干旱胁迫时会积累大量的 H_2O_2 ，而过量的 H_2O_2 会对细胞造成氧化伤害，叶片 DAB 染色结果表明（图 7），CK 的叶片 H_2O_2 积累明显，其次是

T1 处理和 T3 处理，T2 处理的 H_2O_2 积累最少。当细胞损伤或死亡时，Trypan blue 可穿透变性的细胞膜，与解体的 DNA 结合，使其着色，CK 出现大面积蓝色，其次是 T1 处理和 T3 处理，T2 处理颜色最浅，说明 T2 处理有效缓解了干旱胁迫对烟苗的不利影响。

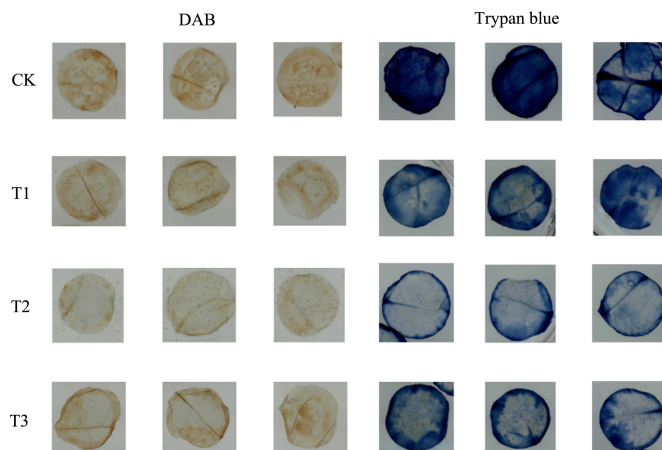


图 7 烟苗叶片 DAB、Trypan blue 染色

Fig.7 DAB and Trypan blue staining of tobacco seedling leaves

3 讨论

3.1 不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系水分特性的影响

不同粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系水分的影响是一个复杂过程, 需要同时考虑保水剂自身特性以及土壤因素。小粒径保水剂在水溶液中相较于大粒径保水剂具有更高的吸水倍率^[4], 但在土壤中, 保水剂会受到来自土壤各个方向的压力, 限制其吸水后体积膨胀^[13], 同时大粒径保水剂含有更多的高分子, 使其内部空间网络结构更稳定, 具备更强的抗张强度, 能更有效地抵抗土壤压力对保水剂吸水膨胀的限制, 提高土壤-保水剂混合体系的含水率。小粒径保水剂吸水膨胀后对其凝胶网络上负离子基团的吸引力较强, 易限制保水剂中凝胶网络的扩张, 甚至收缩, 导致小粒径保水剂易发生体积相变, 进而抑制了保水剂的吸水和保水能力, 导致土壤-保水剂混合体系含水率降低^[16-17]。本研究中, 1.0~2.5、2.5~4.75 mm 粒径保水剂对土壤-保水剂混合体系田间持水率的影响显著高于 0.3~1.0 mm 粒径保水剂, 这与李兴等^[6]研究结果一致, 而与马鑫等^[7]研究结果不同。这可能是由于本试验使用的黄褐土黏性、密度较大, 土体对 0.3~1.0 mm 粒径保水剂吸水膨胀的限制作用较强, 同时黄褐土中微小颗粒和化学离子较多^[18], 更易进入 0.3~1.0 mm 粒径保水剂内部, 破坏保水剂内部空间网络结构, 降低其吸水膨胀能力, 导致土壤-保水剂混合体系田间持水率较低。小粒径保水剂比表面积更大, 与水分接触面积更大, 因此吸水速率更快, 吸水饱和所需时间更短, 但保水能力较差; 大粒径保水剂吸水速率较慢, 吸水饱和和时间较长, 但保水能力较强^[5], 同时有研究表明, 保水剂在土壤中吸水膨胀和释水收缩过程中的体积变化会直接影响土壤的膨胀率, 增加土壤孔隙度, 降低土壤体积质量^[19], 在本研究中, 2.5~4.75 mm 保水剂吸水膨胀后体积变化过大, 严重破坏了土体形态, 产生较大裂缝, 而土壤产生的裂缝会加剧土壤水分的蒸发, 导致其水分散失较快; 虽然 0.3~1.0 mm 粒径保水剂处理的土壤裂缝较小, 但小粒径保水剂本身的保水能力较差, 而 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理产生的土壤裂缝小于 2.5~4.75 mm 处理, 同时保水剂本身保水能力强于 0.3~1.0 mm 处理, 因此导致了 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理的保水能力较强。综上所述, 在黄褐土中施用 1.0~2.5、2.5~4.75 mm 粒径保水剂更有利于提高土壤-保水剂混合体系田间持水率, 1.0~2.5 mm 粒径保水剂更有利于提高土壤-保水剂混合体系的保水率。

3.2 不同粒径保水剂缓解干旱胁迫对烟苗生长发育的影响

干旱胁迫限制了植物对水分的吸收及转运, 导致植物组织失水、叶片相对含水率和自由水量降低, 束缚水量升高, 同时植物中水分过低会导致其气孔关闭、光化学过程缓慢, 造成光合效率低下, 最终导致其生长缓慢、生物量降低^[20]。抗氧化酶的活性与植物对抗逆境胁迫密切相关, 干旱胁迫会导致植物体内 ROS 大量积累, 过量的 ROS 会引起植物体内生物大分子的氧化损伤甚至细胞死亡, 因而植物会通过诱导抗氧化酶活性升高, 以清除体内的 ROS 自由基, 避免或减轻细胞受到的氧化损伤^[21], 同时大量的 ROS 会氧化分解细胞膜中不饱和脂肪酸, 使细胞膜系统遭受损伤, 产生大量的膜脂过氧化产物, 如 MDA^[22]。H₂O₂ 是 ROS 中的一种, 其对植物的伤害不仅表现在其大量积累所导致的直接伤害, 更严重的是其可以转化为反应力更强的 OH[·]和 O₂^[23]。在本研究中, 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理的土壤-保水剂混合体系田间持水率较高, 保水能力较强, 因此相较于 0.3~1.0 mm 和 2.5~4.75 mm 粒径保水剂处理土壤-保水剂混合体系含水率更高。因此, 当 CK 烟苗萎蔫严重, T1 处理和 T3 处理开始萎蔫时, T2 处理烟苗仍然处于正常生长发育阶段, 这也解释了 T2 处理烟苗的生物量积累较高, 总含水率、相对含水率、自由水量较高, 束缚水量、束缚水/自由水、水分饱和亏较低, 相比 T1 处理和 T3 处理, T2 处理有效缓解了干旱胁迫对烟苗的不利影响, 降低了其抗氧化酶活性和可溶性蛋白量, 同时其体内 H₂O₂ 积累较少, 降低了 H₂O₂ 对细胞膜的损伤。

4 结论

1) 1.0~2.5、2.5~4.75 mm 粒径保水剂更有利于提高土壤-保水剂混合体系田间持水率, 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理的土壤-保水剂混合体系保水能力最强。

2) 1.0~2.5 mm 粒径保水剂处理有效缓解了干旱胁迫对烟苗的不利影响, 提高了烟苗生物量、总含水率、相对含水率、自由水量, 降低了束缚水量、束缚水/自由水、水分饱和亏; 减少了烟苗体内 H₂O₂ 积累, 降低了 SOD、POD、CAT 活性和 MDA 量、可溶性蛋白量。

参考文献:

- [1] 刘迎超, 于涛, 孙光伟, 等. 保水剂施用对恩施烟区上部烟叶生长发育的影响[J]. 中国烟草科学, 2020, 41(3): 53-57.
LIU Yingchao, YU Tao, SUN Guangwei, et al. Effects of super absorbent polymer on growth and development of upper tobacco leaves

- in the Enshi Tobacco growing area[J]. Chinese Tobacco Science, 2020, 41(3): 53-57.
- [2] 韩云云, 徐英, 何久兴, 等. 保水剂底施对沙子剖面水分和硝态氮运移的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2019, 38(2): 44-48.
HAN Yunyun, XU Ying, HE Jiuxing, et al. Movement of water and nitrate in sandy soil containing a layer of mixture of water-absorbing polymer an soil[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(2): 44-48.
 - [3] 田露, 刘景辉, 赵宝平, 等. 保水剂和微生物菌肥配施对旱作土壤理化性质和燕麦产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(4): 109-117.
TIAN Lu, LIU Jinghui, ZHAO Baoping, et al. Effects of the combination of super absorbent polymer and microbial fertilizer on soil physical and chemical properties and oat yield in dry farmland[J]. Soil and Fertilizer Sciences in China, 2021(4): 109-117.
 - [4] 宫辛玲, 高军侠, 尹光华, 等. 四种不同类型土壤保水剂保水性能的比较[J]. 生态学杂志, 2008(4): 652-656.
GONG Xinling, GAO Junxia, YIN Guanghua, et al. Water conservation performance of four types of super absorbent polymer[J]. Chinese Journal of Ecology, 2008(4): 652-656.
 - [5] 康佩佩. 保水剂对花岗岩红壤物理特性及侵蚀过程影响研究[D]. 福州: 福建师范大学, 2017.
KANG Peipei. Study on the effects of super absorbent polymer on granite red soil physical properties and erosion process[D]. Fuzhou: Fujian Normal University, 2017.
 - [6] 李兴, 蒋进, 宋春武, 等. 不同粒径保水剂吸水特性及其对土壤物理性能的影响[J]. 干旱区研究, 2012, 29(4): 609-614.
LI Xing, JIANG Jin, SONG Chunwu, et al. Water absorbent capacity of super absorbent polymer with different granularities and its effect on soil physical properties[J]. Arid Zone Research, 2012, 29(4): 609-614.
 - [7] 马鑫, 魏占民, 于健, 等. 保水剂粒径与不同质地土壤吸 失水特性的相关关系[J]. 水土保持学报, 2014, 28(1): 270-275.
MA Xin, WEI Zhanmin, YU Jian, et al. Relationship between particle of water retaining agents and characteristics of absorbing and losing water of different texture of soil[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2014, 28(1): 270-275.
 - [8] BANEDJSCHAFIE Schahram, DURNER Wolfgang. Water retention properties of a sandy soil with superabsorbent polymers as affected by aging and water quality[J]. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 2015, 178(5): 798-806.
 - [9] GALE Daniel Costel, TRINCA Lucia Carmen, CAZACU Ana, et al. Effects of a hydrogel on the cambic chemozem soil's hydrophysic indicators and plant morphophysiological parameters[J]. Geoderma An International Journal of Soil Science, 2016, 267: 102-111.
 - [10] 云菲, 毕浩东, 刘天, 等. 不同保水材料对济源烟区烤烟生长及土壤保墒能力的影响[J]. 山西农业科学, 2021, 49(8): 970-975.
YUN Fei, BI Haodong, LIU Tian, et al. Effects of different water retaining materials on growth of flue cured tobacco and the capacity of humidity guarantee in Jiyuan tobacco growing areas[J]. Journal of Shanxi Agricultural Sciences, 2021, 49(8): 970-975.
 - [11] 赵铭钦, 赵进恒, 张迪, 等. 保水剂对烤烟光合特性日变化的影响[J]. 中国农业科学, 2010, 43(6): 1 265-1 273.
ZHAO Mingqin, ZHAO Jinheng, ZHANG Di, et al. Effects of water retention agent on diurnal changes of photosynthetic characteristics in flue-cured tobacco[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(6): 1 265-1 273.
 - [12] 黄元炯, 张毅, 张翔, 等. 腐殖酸和饼肥对土壤微生物和烤烟产质量的影响[J]. 中国烟草学报, 2008, 14(S1): 25-28.
HUANG Yuanjiong, ZHANG Yi, ZHANG Xiang, et al. Effects of humic acid and cake fertilizer on soil microbe and flue-cured tobacco yield and quality[J]. Acta Tabacaria Sinica, 2008, 14(S1): 25-28.
 - [13] ABDALLAH Ahmad M. The effect of hydrogel particle size on water retention properties and availability under water stress[J]. International Soil and Water Conservation Research, 2019, 7(3): 275-285.
 - [14] SHI Jie, FU Xingzheng, PENG Ting, et al. Spermine pretreatment confers dehydration tolerance of citrus in vitro plants via modulation of antioxidative capacity and stomatal response[J]. Tree Physiology, 2010, 30(7): 914-922.
 - [15] ISLAM Shaikhul, BHOR Sachin Ashok, TANAKA Keisuke, et al. Impaired expression of chloroplast HSP90C chaperone activates plant defense responses with a possible link to a disease-symptom-like phenotype[J]. International Journal of Molecular Sciences, 2020, 21(12): 4 202.
 - [16] 许紫峻, 韩舒, 师庆东. 不同保水剂对土壤物理性质影响的探究[J]. 节水灌溉, 2016(10): 10-14.
XU Zijun, HAN Shu, SHI Qingdong. Effect of different super absorbent polymer on soil physical properties[J]. Water Saving Irrigation, 2016(10): 10-14.
 - [17] 杜社妮, 郭胜利, 王百群, 等. 保水剂粒径对秦巴山区土壤水分及烤烟生长的影响[J]. 水土保持通报, 2018, 38(6): 103-112.
DU Shen, GUO Shengli, WANG Baiqun, et al. Effects of super absorbent ploymer with different particle sizes on soil moisture and flue-cured tobacco growth in Qinba Mountain Area[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(6): 103-112.
 - [18] 陈学文. 土壤特性对保水剂吸水性能的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(12): 7 030-7 031.
CHEN Xuewen. Effect mechanism of soil properties on water absorption of absorbent polymers[J]. Journal of Anhui Agricultural Sciences, 2011, 39(12): 7 030-7 031.
 - [19] 汪亚峰, 李茂松, 宋吉青, 等. 保水剂对土壤体积膨胀率及土壤团聚体影响研究[J]. 土壤通报, 2009, 40(5): 1 022-1 025.
WANG Yafeng, LI Maosong, SONG Jiqing, et al. Study on effect of absorbent on soil aggregates and ratio of soil bulks expanding[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2009, 40(5): 1 022-1 025.
 - [20] 张环伟, 陈彪, 温心怡, 等. 外源硅对于旱胁迫烟草幼苗生长 叶片光合及生理指标的影响[J]. 生物技术通报, 2019, 35(1): 17-26.
ZHANG Huanwei, CHEN Biao, WEN Xinyi, et al. Effects of exogenous silicon on growth, leaf photosynthesis and physiological indexes of tobacco seedlings under drought stress[J]. Biotechnology Bulletin, 2019, 35(1): 17-26.
 - [21] CHEN QiuHong, YANG Guiwen. Signal function studies of ROS, especially RBOH-Dependent ROS, in plant growth, development and environmental stress[J]. Journal of Plant Growth Regulation, 2019, 39(1): 157-171.
 - [22] 曹清河, 李雪华, 戴习彬, 等. PEG-6000 模拟干旱胁迫对甘薯近缘野生种 Ipomoea trifida (Kunth) G.Don 幼苗生理生化指标的影响[J]. 西南农业学报, 2016, 29(11): 2 536-2 541.
CAO Qinghe, LI Xuehua, DAI Xibin, et al. Effects of drought simulated by PEG-6000 on seedling physiological and biochemical indexes of wild sweetpotato relative Ipomoea trifida (Kunth) G.Don[J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2016, 29(11): 2 536-2 541.
 - [23] ALYASI Hatim, ATTIA Hounaida, ALAMER Khalid, et al. Impact of drought on growth, photosynthesis, osmotic adjustment, and cell wall elasticity in Damask rose[J]. Plant Physiology and Biochemistry, 2020, 150: 133-139.

Effect of Water Adsorption Polymer Size on Soil Water Retention and Growth of Tobacco Seedlings

XIA Maolin¹, LI Hongchen², ZHAO Huaxin³, LI Pengyu¹, LIU Lingling²,
GUAN Weidong⁴, CHANG Jianbo², WANG Zhijun^{4*}, JI Xiaoming^{1*}

(1. College of Tobacco Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 2. Sanmenxia Company of Henan Tobacco Corporation, Sanmenxia 472000, China; 3. College of Life Sciences Henan Agricultural University, Zhengzhou 450002, China; 4. Lushi Company of Sanmenxia tobacco company, Sanmenxia 472200, China)

Abstract: 【Objective】 Drought is the most common abiotic stress affecting agricultural production in most countries, and alleviating its detrimental effect is critical to safeguarding crop growth. The purpose of this paper is to compare the efficacy of water adsorption polymer in improving soil water retention and growth of tobacco seedlings.

【Method】 Water adsorption polymer particles with diameter in the range of 0.3~1.0 mm (T1), 1.0~2.5 mm (T2), and 2.5~4.75 mm (T3) were mixed with soil thoroughly prior to planning, respectively, with soil not being amended as the control (CK); plants in all treatments were under water stress. The field water capacity, water retention rate, as well as the growth and development of the tobacco seedlings were measured in each treatment. 【Result】 The field capacity maximized when the particle diameter was in the range of 2.5~4.75 mm, up 30.49% higher than that in the CK. Mixing soil with polymer particles with diameter in the range of 1.0~2.5 mm gave the highest soil water retention capacity. Soil amended by polymer particles with diameter in the range of 1.0~2.5 mm can effectively alleviate drought stress, promoting biomass accumulation in the plant. Soil amendment increased its total water content, relative water content and free water content in tobacco leaves by 4.93%, 24.35% and 11.81%, respectively, while reduced bound water, bound technique/free water, and water saturation deficit by 5.25%, 16.18%, and 63.51%, respectively. Compared with CK, soil amendment with the polymer also reduced the activities of SOD, POD, CAT, MDA, and soluble protein in the plant by 114.86%, 211.93%, 67.05%, and 273.29%, 27.73% respectively.

【Conclusion】 Amending the soil with water absorbent polymer particles with diameter in the range of 1.0~2.5 mm is most effective to improve the field capacity and water-retention capacity of the soil, effectively alleviating drought stress to tobacco seedlings.

Key words: water absorbent polymer; particle size; water; drought stress; tobacco

责任编辑：韩 洋