

土壤斥水性对不同植物种子发芽率的影响

唐德秀^{1,2,3}, 李毅^{1,2,3*}, 刘俸⁴, 王亦尘^{1,2,3}

(1.西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西杨凌 712100; 2.西北农林科技大学中国旱区节水农业研究院, 陕西杨凌 712100; 3.西北农林科技大学教育部农业重点实验室, 陕西杨凌 712100; 4.四川省水利水电勘测设计研究院, 成都 610000)

摘要:【目的】研究斥水性对不同类型植物种子发芽率的影响。【方法】以4种类型、共16种植物种子为试验材料, 选用了4种WDPT(water drop penetration time, 滴水穿透时间)分别为1、7、12、16 s的壤土土壤进行试验, 研究了土壤斥水性对开始发芽时间及种子发芽率的影响。【结果】①土壤斥水性对植物的开始发芽时间存在影响: 花草类、作物类和蔬菜类植物种子的开始发芽时间随土壤斥水性的增强而延迟, 树木类植物种子的开始发芽时间受土壤斥水性的影响规律不明显; ②在试验的第20天, 蔬菜类、花草类、树木类和作物类植物在亲水性土壤中的平均发芽率分别为30.00%、43.75%、15.00%和50.83%, 均高于斥水性土壤中的发芽率, 且WDPT越大发芽率越低。【结论】土壤斥水性对种子发芽率的影响效果在蔬菜类、花草类和作物类植物中比较明显, 而树木类植物受土壤斥水性的影响不大。土壤斥水性对大部分植物都有影响, 但对油松、油菜作用效果不明显。

关键词:土壤斥水性; 滴水穿透时间; 植物种类; 发芽率; 开始发芽时间

中图分类号: S152.7

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.0380

唐德秀, 李毅, 刘俸, 等. 土壤斥水性对不同植物种子发芽率的影响[J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(8): 83-90.

0 引言

土壤斥水性(soil water repellency)是指土壤很难被水湿润的现象^[1]。把水洒在斥水性土壤表面时, 水珠滞留、长时间难以入渗^[2]。土壤斥水现象广泛存在于各种质地的土壤及不同气候条件^[3], 当土壤干燥至其临界含水率时几乎所有土壤都表现出斥水特性^[4-5]。早在1910年对土壤斥水性已经有所认识^[6], 但对其研究直到1960年后才逐渐展开^[7]。土壤斥水现象在不同质地的土壤、不同土地利用方式和各种气候条件下广泛存在^[8]。目前已见报道存在土壤斥水性的地区遍布全世界, 如澳大利亚、加拿大、哥伦比亚、埃及、希腊、印度、意大利、日本、新西兰、波兰、葡萄牙、南非、西班牙、荷兰、丹麦、巴西、美国、德国、中国等^[9]。在澳大利亚, 约有1/3的土地受到斥水性的影响, 主要集中在西澳与南澳^[1]。在荷兰, 大约有75%的耕地显示不同程度的斥水性^[10]。目前我国发现的斥水土壤大多分布在北方地区, 如新疆次生盐渍土区、内蒙古草原土壤等。任鑫等^[11]在新疆膜下滴灌棉田进行网格式垂向剖面采样, 发现土壤斥水性在40 cm深度附近最强, 剖面土壤的WDPT(water drop penetration time)最大可达23.69 s; 吴延磊等^[12]对内蒙古锡林浩特羊草草原的土样在105 °C条件下烘干后WDPT最大可达173.76 s; 在内蒙古锡林浩特进行试验后发现草原土壤的WDPT最大可达80.52 s^[13]。

斥水性土壤对土壤环境和作物生长等有重要影响。在斥水性影响土壤理化性质及水分运移规律方面, Bond等^[14]发现, 土壤斥水性随含水率的减小而逐渐增加至极值, 但当土壤达到一定湿度时土壤斥水性消失; 陈俊英等^[15]研究表明, 土壤斥水时间与土壤含水率的变化符合对数正态模型; Carrick等^[16]通过对比吸湿性、

收稿日期: 2017-06-27

基金项目: 国家自然科学基金项目(51579213); 高等学校学科创新引智计划项目(B12007)

作者简介: 唐德秀(1993-)女, 四川南充人。硕士研究生, 研究方向为农业水土资源利用与保护。E-mail: 398111535@qq.com

通信作者: 李毅(1974-), 女, 陕西武功人。教授, 博士生导师, 主要从事旱区水土资源高效利用研究。E-mail: liyikitty@126.com

斥水性和封闭气体的动态作用,发现斥水性增强将导致入渗速率降低,导致径流增加;Mataix-Solera等^[17]认为,土壤斥水性有利于减少深层土壤的水分蒸发;商艳玲等^[18]研究发现,随再生水灌溉量和灌溉时间的增加,土壤斥水性显著增强,盐碱土表现最明显斥水性达到1~3级,壤土次之,分布在0~2级,砂土及砂姜黑土均为0级斥水性。再生水灌水量越大,引起土壤斥水性差异性越显著,对砂姜黑土斥水性表现最明显。王亦尘等^[19]对比了滴水穿透时间(WDPT)法、酒精物质的量浓度法和接触角测定的土壤斥水性,并分析了土壤斥水性的关键理化性质影响因子。结果表明,高体积质量土壤的WDPT更大,烘干土比风干土的WDPT大;黏粒量比其他土壤属性更显著地影响WDPT和接触角;K⁺、Na⁺量均与含水率 θ 正相关;蒙脱石量与WDPT和酒精物质的量浓度负相关。在应对土壤斥水的策略方面,杨邦杰等^[1]介绍了澳大利亚进行的改良斥水土壤的措施;崔敏等^[20]针对某些园艺生产基质,指出使用湿润剂能较好地解决作物生长介质的斥水性问题。在土壤斥水性影响作物生长过程及产量方面,Jordan等^[21]研究发现土壤的斥水性会降低土壤渗透性造成土壤流失,不利于墨西哥中部某杉木松树和橡树混合林的生长。同时,斥水土壤中含水率分布差异很大,影响种子正常发芽和作物生长,导致减产而引起经济损失^[22]。1970年以后,人们普遍对土壤斥水性开始高度关注,尤其是作物生长时斥水性所产生的影响,典型的例子有斥水性对大麦和对蔬菜生产的影响等^[23-24]。从国内外研究进展来看,目前对于土壤斥水性对环境的影响及斥水性形成的机理方面研究较多^[25],对土壤斥水性影响作物生长,尤其是斥水性影响不同类型植物的种子发芽率方面的成果较少。由于种子萌发的历时和发芽率高低直接影响作物的后期生长过程和产量形成效应,因此,进行斥水土壤中植物发芽率的对比分析、探讨斥水性影响不同类型植物的种子发芽率差异,对于分析斥水性影响作物产量的成因是非常必要的。而综合对比国内外研究成果可知,目前还没有研究直接报道斥水性对不同类型植物种子发芽率的影响效果。为此,选用4种不同类型(蔬菜类、花草类、树木类和作物类)共16种植物种子,对比其在不同斥水性土壤中的发芽率,通过研究土壤斥水性对植物发芽率的影响,为进一步研究土壤斥水性提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验所用的壤土取自陕西杨凌北部农田的表层0~30 cm,土壤经风干、粉碎研磨、去除杂物后过孔径为2 mm的筛。采用激光粒度仪分析测定土样的颗粒组成,黏粒(<0.002 mm)占11.21%,粉粒(0.002~0.02 mm)占29.28%,砂粒(0.02~2 mm)占59.51%,土壤质地为砂质壤土(国际制)。

1.2 不同等级斥水性土壤的划分与制备

Dekker等^[26]提出用滴水穿透时间法(WDPT法)进行土壤斥水性分级。试验时,取适量土样放入铝盒盖中,并用盛土勺将表面刮平,用标准胶头滴管将1滴蒸馏水滴到土样表面,同时用秒表记录水滴从刚接触土面到完全入渗所用的时间。取10次WDPT的平均值作为该土样的WDPT。根据WDPT法将土壤斥水性分为亲水性(WDPT<5 s)、轻微斥水性(5≤WDPT<60 s)、强烈斥水性(60≤WDPT<600 s)、严重斥水性(600≤WDPT<3 600 s)及极端斥水性(WDPT≥3 600 s)5个等级。

制备斥水土壤所用斥水剂为二甲基二氯硅烷(C₂H₆Cl₂Si)^[27],分子量为129.06,为无色液体,纯度>98.5%。按1 kg风干土、90 mL斥水剂的比例均匀混合制得。采用WDPT法对所配制土壤斥水性进行测定,10次测量结果的平均值为4 080.8 s,属于极端斥水级别。在极端斥水土样中掺入亲水壤土,从而配制出不同WDPT的土壤。经预试验证明,各植物种子在中度斥水、严重斥水、极端斥水土壤中基本不发芽,因此,最终选择轻微斥水级别土样。按极端斥水土样与过筛壤土质量比为1:20、1:10和1:7,相应WDPT分别为7、12、16 s,以WDPT约为1 s壤土为对比进行种子发芽率试验,各处理重复3次。

选用蔬菜类、花草类、树木类和作物类4类植物,每类均含4种植物,共16种植物进行种子发芽率实验。其中蔬菜类选用原种四季香葱、上海青鸡毛菜、精选小叶茼蒿和空心菜;花草类选用三叶草、二月兰、硫华菊和波斯菊;树木类选用油松(乔木)、火炬(乔木)、紫穗槐(灌木)和刺槐(乔木);作物类选用玉米、小麦、油菜和荞麦。将每种植物的20粒种子种在直径为8 cm的花盆中,每种作物在不同WDPT土壤中重复3次,测定1~21 d期间的种子发芽数量。最终依发芽种子数量占总种植种子数量的比例计算发芽率。

所有试验数据均采用Excel 2007和SPSS 22.0软件进行处理。

2 结果与分析

2.1 同种类型植物在不同WDPT土壤中的发芽率

不同植物在不同斥水性土壤中的开始发芽时间见表1。由表1可知,各植物的开始发芽时间在不同WDPT土壤中有所不同。①4种花草类植物的开始发芽时间均随土壤WDPT的增加而推迟。在亲水土壤中,波斯菊和硫华菊的开始发芽时间较早,二月兰第10天才发芽,相对较晚;而在斥水性土壤中,当土壤WDPT值为7s时,开始发芽的时间依波斯菊<硫华菊<二月兰<三叶草的顺序变化;当土壤WDPT增加为12s时,波斯菊和硫华菊分别在第10、9天发芽,二月兰和三叶草在试验期内未发芽;当土壤WDPT继续增加到16s时,二月兰未发芽,其他3种植物均在第16天以后发芽。②作物类植物中,油菜的开始发芽时间均为第3天,荞麦、小麦和玉米的开始发芽时间均随WDPT的增加而延迟,其中玉米的开始发芽时间整体晚于油菜、荞麦和小麦。在亲水性土壤中,玉米的开始发芽时间为第8天,其他3种植物均在第4天及之前开始发芽;当土壤WDPT为7s和12s时,开始发芽的时间依次为油菜<荞麦<小麦<玉米;当土壤WDPT继续增加到16s时,开始发芽时间顺序变为油菜<小麦=玉米<荞麦。③蔬菜类植物中,香葱、鸡毛菜和空心菜的开始发芽时间均随土壤WDPT的增加而推迟,茼蒿的开始发芽时间受土壤斥水性的影响不明显。4种植物在亲水土壤中的开始发芽时间都少于6d;而当土壤WDPT为7s时,开始发芽的时间依次为鸡毛菜<空心菜<香葱<茼蒿;当土壤WDPT增加为12s时,鸡毛菜在试验期内未发芽,茼蒿第7天发芽,而香葱和空心菜第12天才发芽;当土壤WDPT继续增加到16s时,仅茼蒿在第8天发芽,其他3种植物在测试期内未发芽。④树木类植物中,火炬的开始发芽时间随土壤WDPT的增加而变长,刺槐、油松和紫穗槐的开始发芽时间受土壤斥水性的影响不明显。在亲水性土壤中,紫穗槐的开始发芽时间相对较早,其余3种均在第7天才发芽;当土壤WDPT为7s时,油松未发芽,刺槐的开始发芽时间比在亲水性土壤中提前了1d,火炬和紫穗槐均在第11天之后才发芽;当土壤WDPT增加为12s时,4种植物均在第8天以后开始发芽,开始发芽的时间依次为刺槐=油松<紫穗槐<火炬;当土壤WDPT继续增加到16s时,火炬未发芽,其余3种植物的开始发芽时间顺序变为油松<刺槐<紫穗槐。土壤斥水性对油菜种子的开始发芽时间没有影响,对油松种子的开始发芽时间影响不够明显。

表1 16种植物在不同WDPT土壤中的开始发芽时间

| 植物类型 | 植物 | 土壤WDPT/s | | | |
|------|-----|----------|-----|-----|-----|
| | | 1 | 7 | 12 | 16 |
| 花草类 | 波斯菊 | 2 | 3 | 10 | 16 |
| | 硫华菊 | 3 | 4 | 9 | 16 |
| | 三叶草 | 6 | 15 | >21 | 17 |
| | 二月兰 | 10 | 8 | >21 | >21 |
| | | | | | |
| 作物类 | 油菜 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| | 荞麦 | 4 | 4 | 6 | 9 |
| | 小麦 | 4 | 6 | 6 | 8 |
| | 玉米 | 8 | 10 | 12 | 8 |
| 蔬菜类 | 香葱 | 5 | 8 | 12 | >21 |
| | 茼蒿 | 5 | 12 | 7 | 8 |
| | 鸡毛菜 | 6 | 6 | >21 | >21 |
| | 空心菜 | 6 | 7 | 12 | >21 |
| 树木类 | 紫穗槐 | 4 | 13 | 11 | 19 |
| | 刺槐 | 7 | 6 | 8 | 16 |
| | 火炬 | 7 | 11 | 12 | >21 |
| | 油松 | 7 | >21 | 8 | 14 |

不同类型的植物在不同WDPT土壤中的发芽率随时间的变化过程有所区别,图1为花草类植物在不同WDPT土壤中的发芽率随时间变化过程。图1显示,4种花草在亲水性土壤中的发芽率均随播种时间而增加,波斯菊、硫华菊、二月兰、三叶草的发芽率依次降低,其中三叶草的发芽率整体上最低;当WDPT为7s时,土壤呈微弱斥水性,发芽率顺序为硫华菊>波斯菊>二月兰>三叶草;当WDPT增至12s时,二月兰和三叶草未发芽,硫华菊的发芽率略高于波斯菊;当WDPT为16s时,二月兰未发芽,硫华菊、三叶草、波斯菊的发芽率均低于2%。在第21天时,在WDPT为1、7、12、16s的土壤中的花草植物平均种子发芽率分别为43.8%、19.2%、2.5%及1.25%。

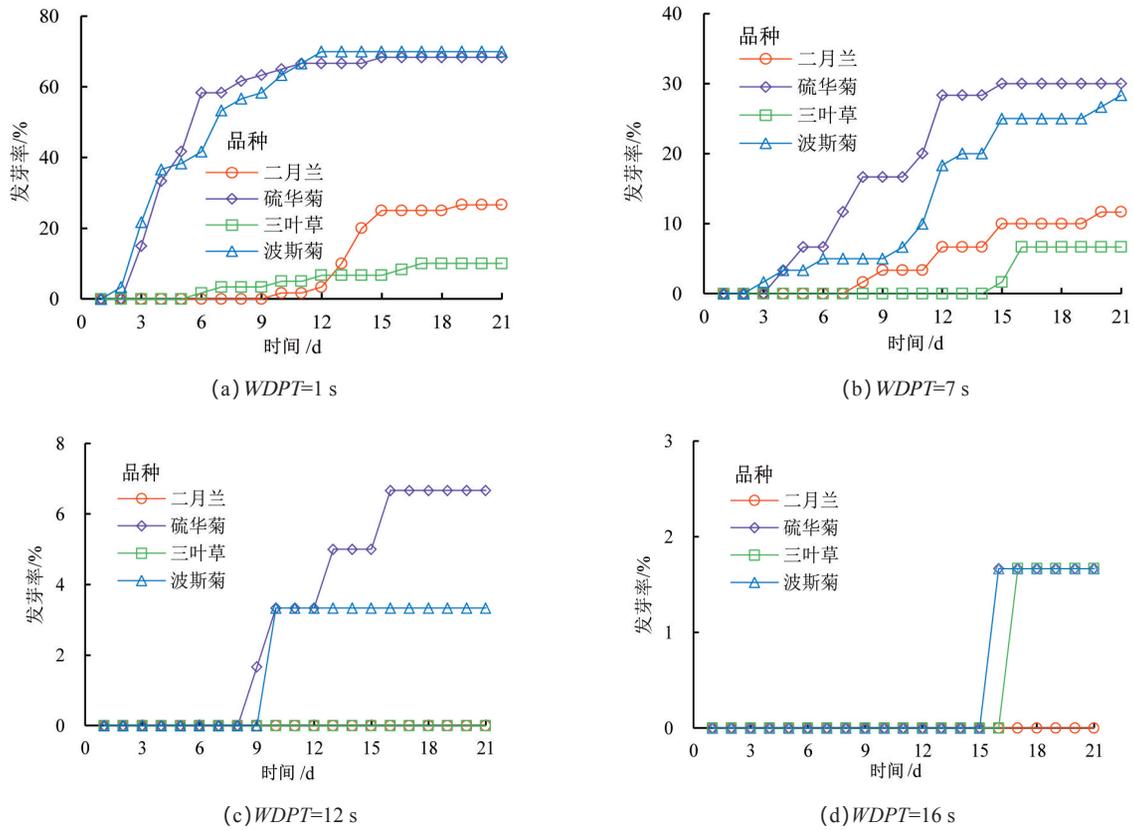


图1 花草类植物发芽率在不同 $WDPT$ 土壤中的变化

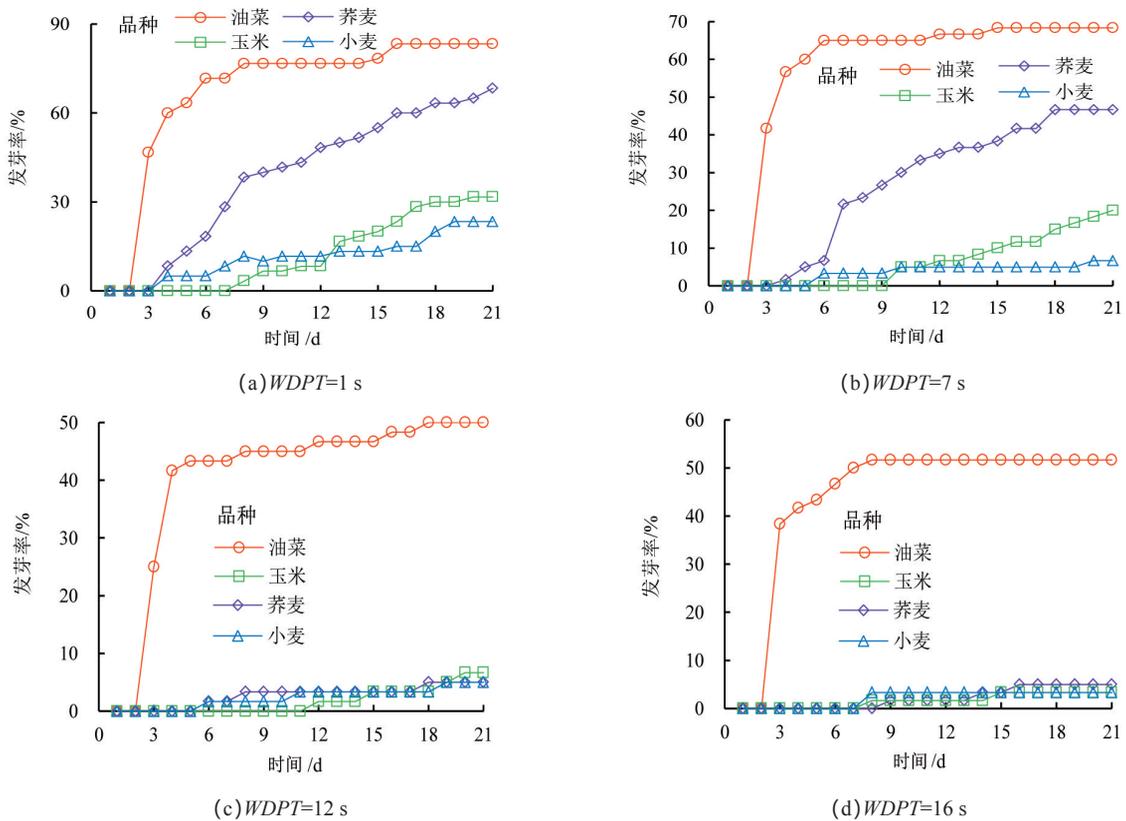


图2 作物类植物发芽率在不同 $WDPT$ 土壤中的变化

图2为作物类植物在不同 $WDPT$ 土壤中的发芽率随时间的变化过程。由图2可知,4种作物在亲水性土壤中的发芽率均随播种时间而增加,油菜、荞麦、玉米、小麦的发芽率依次降低;当 $WDPT$ 为 7 s 时,4种作物类植物的发芽率依次为油菜>荞麦>玉米>小麦;当 $WDPT$ 为 12 s 时,油菜发芽率最高,玉米的发芽率为

6.67%, 荞麦和小麦的发芽率均为5%; 当 $WDPT$ 增至 16 s 时, 油菜的发芽率仍高于 50%, 其余 3 种植物的发芽率均低于 5%。在第 21 天时, 4 类植物在 $WDPT$ 为 1、7、12、16 s 的微斥水土壤中平均种子发芽率分别为 51.7%、35.4%、16.7% 及 15.8%。图 3 为蔬菜类植物在不同 $WDPT$ 土壤中的发芽率随时间的变化过程。由图 3 可以看出, 4 种蔬菜在亲水性土壤中的发芽率均随播种时间而增加, 开始发芽后, 空心菜、鸡毛菜、茼蒿、香葱的发芽率依次降低, 其中香葱的发芽率最低; 当 $WDPT$ 为 7 s 时, 开始发芽后, 4 种蔬菜类植物的发芽率依次为空心菜 > 香葱 > 鸡毛菜 > 茼蒿; 当 $WDPT$ 增至 12 s 时, 鸡毛菜未发芽, 其余 3 种蔬菜类植物的发芽率依次为空心菜 > 茼蒿 > 香葱; 当 $WDPT$ 增至 16 s 时, 只有茼蒿在第 7 天开始发芽, 且发芽率始终低于 4%。在第 21 天时, 4 类植物在 $WDPT$ 1、7、12、16 s 的微斥水土壤中的蔬菜类植物平均种子发芽率分别为 30.4%、12.1%、6.67% 及 1.67%。

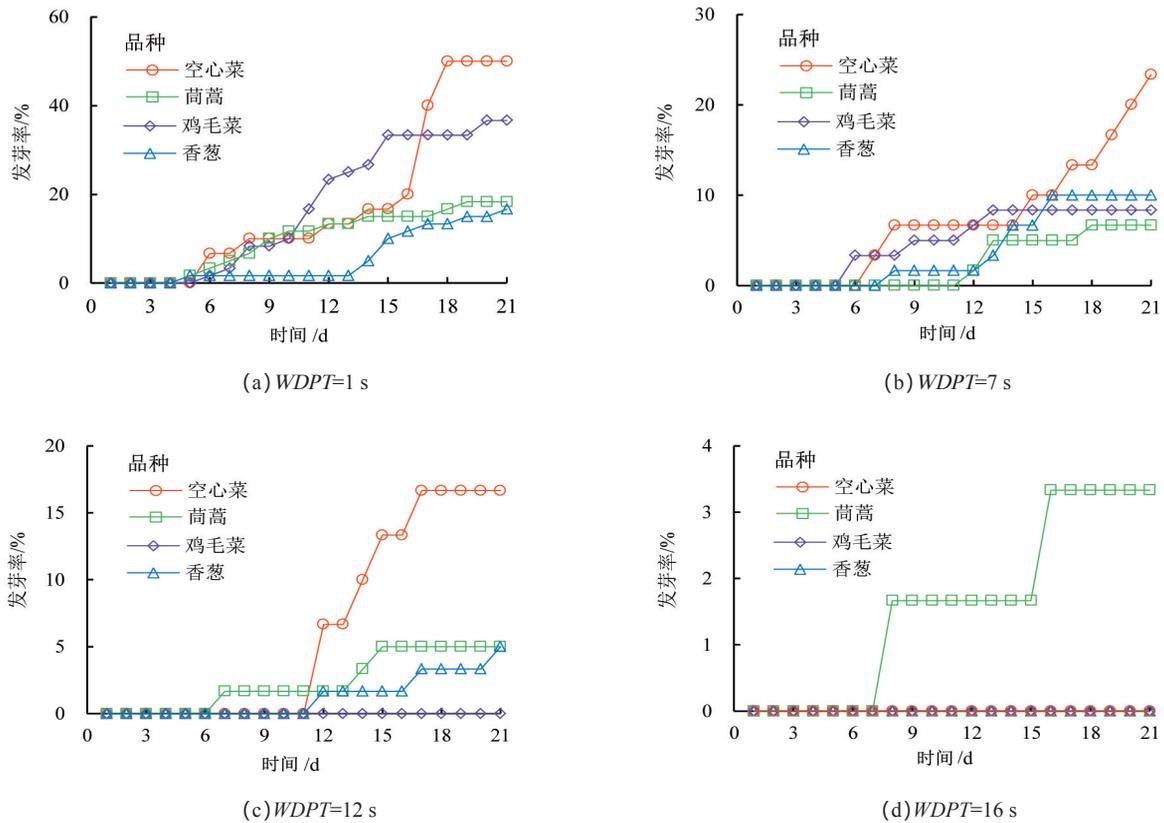


图3 蔬菜类植物发芽率在不同 $WDPT$ 土壤中的变化

图 4 为树木类植物在不同 $WDPT$ 土壤中的发芽率随时间变化过程。由图 4 可以看出, 4 种树木在亲水性土壤中的发芽率均随播种时间而增加, 其中油松和火炬的发芽率整体上较低, 均低于 4%, 紫穗槐的发芽率高于刺槐; 当 $WDPT$ 为 7 s 时, 油松未发芽, 其余 3 种树木的发芽率依次为刺槐 > 火炬 > 紫穗槐; 当 $WDPT$ 增至 12 s 时, 火炬和刺槐的发芽率均低于 4%, 紫穗槐和油松的发芽率均低于 2%; 当 $WDPT$ 为 16 s 时, 油松的发芽率低于 4%, 紫穗槐和刺槐的发芽率均低于 2%, 火炬未发芽。第 21 天时, 4 类树木在 $WDPT$ 为 1、7、12、16 s 的微斥水土壤中的平均种子发芽率分别为 14.2%、3.33%、2.5% 及 1.67%。

2.2 不同 $WDPT$ 土壤对不同植物的发芽率的影响

图 5 为第 20 天时各试验盆中植物种子的发芽率。由图 5 可以看出, 在亲水性土壤中 ($WDPT=1$ s), 蔬菜类、花草类、树木类和作物类的平均发芽率分别为 30%、43.75%、15% 和 50.83%; 在 $WDPT$ 为 7 s 的微斥水性土壤中, 各植物种子的发芽率明显低于亲水性土壤中的, 蔬菜类、花草类、树木类和作物类的平均发芽率分别为 11.3%、18.8%、3.33% 和 35.0%; 在 $WDPT$ 为 12 s 的微斥水性土壤中, 只有油菜的发芽率仍高于 20%, 蔬菜类、花草类、树木类和作物类的平均发芽率分别为 6.25%、2.5%、2.5% 和 16.7%; $WDPT$ 为 16 s 时, 除油菜之外所选用的植物的发芽率均低于 10%, 蔬菜类、花草类、树木类和作物类的平均发芽率分别为 0.83%、1.25%、1.67% 和 15.8%。

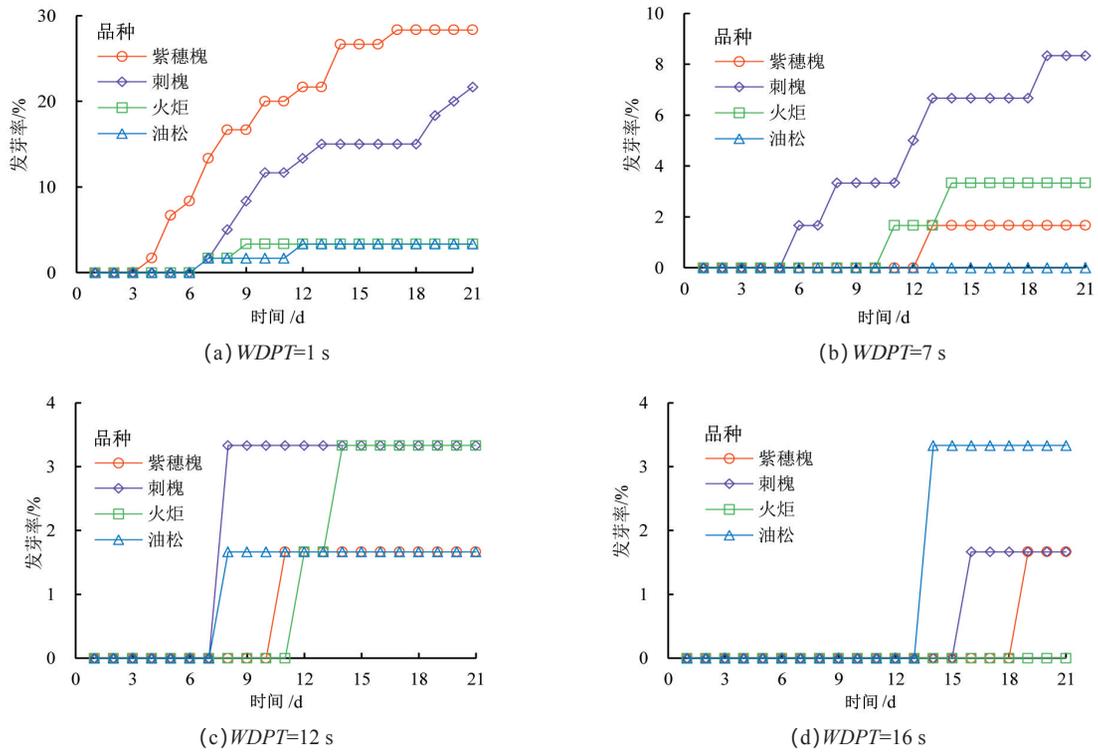


图4 树木类植物发芽率在不同WDPT土壤中的变化

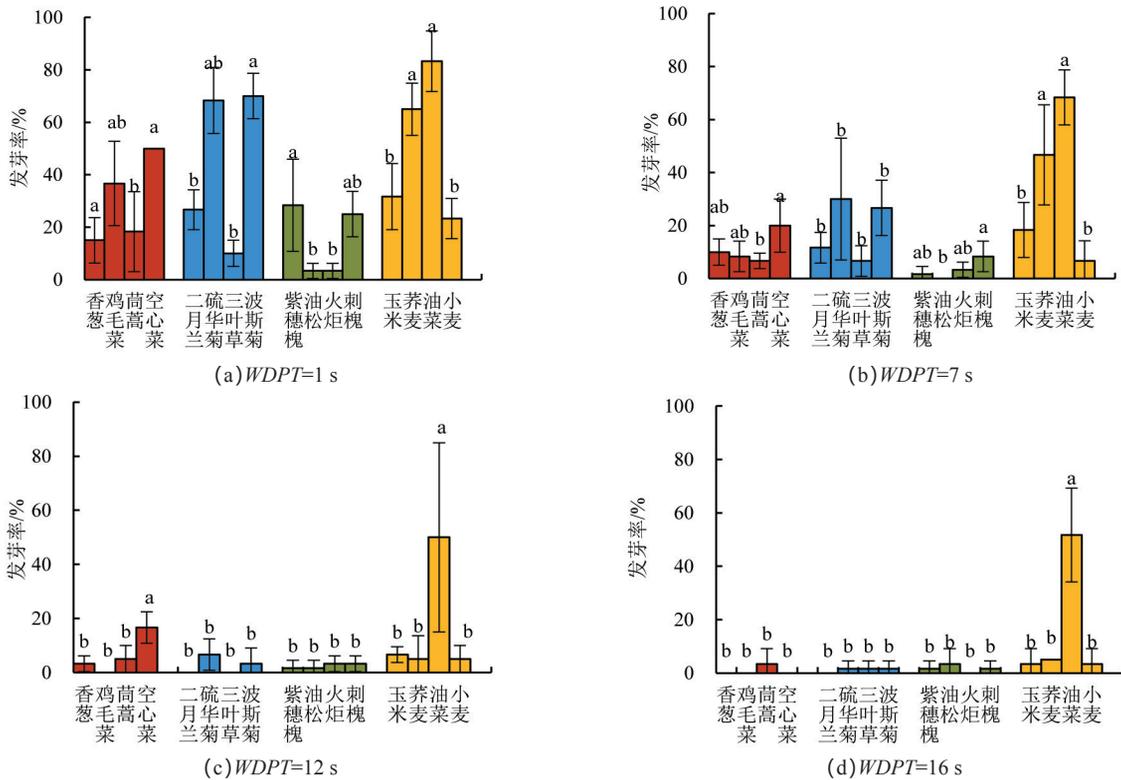


图5 第20天不同植物发芽率在不同WDPT土壤中的变化

3 讨论

土壤斥水性引起含水率差异很大,影响种子正常发芽和作物生长,导致减产而引起经济损失,Summers^[22]估计每年在西澳大利亚由于土壤斥水导致减产引起的经济损失达1 000~1 500万澳元。杨邦杰等^[28]对西澳大利亚垄沟耕作农田进行研究后发现,采用沟种后,表层的斥水土壤形成不透水的垄能促进雨水渗入沟中、阻止水分的蒸发、降低沟中的温度,有利于垄中种子发育出苗。崔敏等^[20]针对某些园艺生产基质,发现将润

湿剂和一些圆形岩石组合在一起施用会使基质表面产生小孔使水分顺利通过基质的斥水层,能较好地解决作物生长介质的斥水性问题。Bond等^[23]研究发现,土壤斥水性对作物生长有所影响,在南澳大利亚的砂地中土壤的斥水性会导致大麦种子发芽少,最终影响谷物产量。

土壤斥水性会导致土壤水分不均匀分布,影响农田水分循环,对水分利用效率和作物产量存在直接或潜在的负面影响^[29];土壤斥水性有利于减少深层土壤的水分蒸发^[30],有利于土壤储水;土壤斥水性还影响深层渗漏。由于土壤斥水性的影响,只有湿润的地区才能出苗,造成减产^[1]。土壤含水率是影响斥水性的最主要因素之一,土壤斥水性随含水率减小而增大^[13]。陈俊英等^[31]对以色列西南部一个柚子园的沙壤土进行污水灌溉处理后发现,当土壤含水率为10.7%时,土壤斥水性达到峰值,平均为735 s;随着土壤含水量的继续增加斥水性逐渐减小;土壤含水率大于20%时,斥水性消失。King等^[32]指出荷兰黏土的斥水性消失时的临界含水率为34%~38%。Dekker等^[33]观察到某些荷兰砂质土的土壤体积含水率小于2%时,斥水性消失。因此可以通过灌溉改变土壤斥水性。可依据含水率低于某个临界值时土壤斥水性消失的现象,即土壤含水率和斥水性的关系制定灌溉制度。

植物种子在亲水性土壤中的开始发芽时间较早,但受土壤斥水性影响在WDPT较大的土壤中开始发芽时间较晚;且在亲水性土壤中的发芽率也比斥水性土壤中的大。土壤斥水性有利于减少深层土壤的水分蒸发,但同时会降低土壤的渗透性,造成土壤流失^[21],对植物的生长有不利影响。

4 结论

1)土壤斥水性对植物的开始发芽时间存在影响。在4种不同类型植物中,花草类植物种子在亲水性土壤中的开始发芽时间相对较早,但受土壤斥水性影响较大,WDPT较大土壤中开始发芽时间较晚;作物类植物受土壤斥水性影响小于其他3种植物类型的,在不同WDPT土壤中均能发芽且开始发芽时间相对较早;蔬菜类植物种子的开始发芽时间受土壤斥水性影响较大,在WDPT为16 s土壤中基本不发芽;树木类植物种子的开始发芽时间受土壤斥水性的影响不明显,可能与该类种子发芽率低且样本数量较小有关系。

2)土壤斥水性对植物发芽率影响明显,蔬菜类、花草类、树木类和作物类的种子在亲水性土壤中的发芽率均比在WDPT为7、12、16 s的微斥水土壤中高,整体呈现壤斥水性越强、植物种子发芽率越低的规律。

3)在试验的第20天,蔬菜类、花草类、树木类和作物类植物在亲水性土壤中的平均发芽率分别为30.00%、43.75%、15.00%和50.83%,均高于斥水性土壤中的发芽率,且WDPT越大发芽率越低,表明土壤斥水性对植物种子的发芽有延迟作用。

4)土壤斥水性对种子发芽率的影响效果在蔬菜类、花草类和作物类植物中比较明显,都存在负面影响,但对树木类植物的发芽率影响不大。土壤斥水性对大部分植物都有影响,但对油松、油菜作用效果不明显。

参考文献:

- [1] 杨邦杰, BBLACKWEL P S, NICHOLSON D F. 土壤斥水性引起的土地退化、调查方法与改良措施研究[J]. 环境科学, 1994, 15(4): 88-90.
- [2] 李毅, 商艳玲, 李振华, 等. 土壤斥水性研究进展[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 68-73.
- [3] DEURER M, BACHMANN J. Modeling Water Movement in Heterogeneous Water-Repellent Soil: 2. A Conceptual Numerical Simulation[J]. Vadose Zone Journal, 2007, 6(3): 446-457.
- [4] ELLERBROCK R H, GERKE H H, BACHMANN J, et al. Composition of Organic Matter Fractions for Explaining Wettability of Three Forest Soils[J]. 2005, 69(1): 57-66.
- [5] BACHMANN J, HORTON R, VAN D P. Isothermal and Nonisothermal Evaporation from Four Sandy Soils of Different Water Repellency[J]. Soil Science Society of America Journal, 2001(6): 1 599-1 607.
- [6] SCHREINER O, SHOREY C. Chemical nature of soil organic matter[J]. Applied Sciences, 1910, 74: 2-48.
- [7] DEBANO L F. Water repellency in soils: a historical overview[J]. Journal of Hydrology, 2000, 231(6): 4-32.
- [8] DEURER M, BACHMANN J. Modeling Water Movement in Heterogeneous Water-Repellent Soil: 2. A Conceptual Numerical Simulation[J]. Vadose Zone Journal, 2007, 6(3): 446-457.
- [9] JARAMILLO A D F, DEKKER L W. Occurrence of soil water repellency in arid and humid climates[J]. Journal of Hydrology, 2000, 231-232: 105-111.
- [10] VAN D J C, HENDRICKX J M, VAN M T, et al. Water and solute movement in a coarse-textured water-repellent field soil[J]. Journal of Hydrology, 1990, 120(1/4): 359-379.
- [11] 任鑫, 李毅, 李敏, 等. 次生盐渍土垂向剖面土壤斥水性特征及其与理化性质的关系[J]. 农业机械学报, 2011, 42(3): 58-64, 79.
- [12] 吴延磊, 李子忠, 龚元石. 两种常用方法测定土壤斥水性结果的相关性研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(7): 8-13.
- [13] GAO Y F, LIN Q M, LIU H L, et al. Water repellency as conditioned by physical and chemical parameters in grassland soil[J]. Catena, 2017(160): 310-320.
- [14] BOND R D, HARRIS J R. The influence of the microflora on physical properties of soils. Effects associated with filamentous algae and fungi[J]. Australian Journal of Soil Research, 1964, 2(1): 111-122.

- [15] 陈俊英,吴普特,张智韬,等. 土壤斥水性对含水率的响应模型研究[J]. 农业机械学报, 2012, 43(1): 63-67.
- [16] CARRICK S, BUCHAN G, ALMOND, et al. A typical early-time infiltration into a structured soil near field capacity: The dynamic interplay between sorptivity, hydrophobicity, and air encapsulation [J]. Geoderma, 2011, 160: 579-589
- [17] MATAIX-SOLERA J, DOERR S H. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in southeastern Spain[J]. Geoderma, 2004, 118(1/2): 77-88.
- [18] 商艳玲,李毅,朱德兰. 再生水灌溉对土壤斥水性的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(21): 89-97.
- [19] 王亦尘,李毅,肖珍珍. 玛纳斯河流域土壤斥水性及其影响因素[J]. 应用生态学报, 2016, 27(12): 3 769-3 776.
- [20] 崔敏,宁召民,张志国. 斥水性生长介质中湿润剂的使用[J]. 北方园艺, 2007(6): 72-73.
- [21] JORDAN A, ZAVALA L M, NAVA A L, et al. Occurrence and hydrological effects of water repellency in different soil and land use types in Mexican volcanic highlands[J]. Catena, 2009, 79(1): 60-71.
- [22] SUMMERS R N. The incidence and severity of non-wetting soils of the south coast of Western Australia[D]. Perth: The University of Western Australia, 1987.
- [23] BOND R D. Germination and yield of barley when grown in water repellent sand[J]. Agronomy Journal, 1972, 64: 402-403.
- [24] MILLER R H, WILKINSON J F. Nature of the organic coating on sand grains of nonwetttable golf greens[J]. Soil Science Society of America Journal, 1977, 41: 1 203-1 204.
- [25] 陈俊英,张智韬,汪志农,等. 土壤斥水性影响因素及改良措施的研究进展[J]. 农业机械学报, 2010, 41(7):84-89.
- [26] DEKKER L W, RITSEMA C J. How water moves in a water repellent sandy soil: 1. Potential and actual water repellency[J]. Water Resources Research, 1994, 30(9): 2 507-2 517.
- [27] GOEBLE M, WOCHÉ S K, BACHMANN J. Significance of wettability-indexed changes in microscopic water distribution for soil organic matter decomposition[J]. Soil Science Society of America Journal, 2007, 71: 1 593-1 599.
- [28] 杨邦杰, BLACKWELL P S, NICHOLSON D F. 斥水土壤中水热运动模型的应用[J]. 土壤学报, 1997, 34(4): 427-433.
- [29] DOERR S H, SHAKESBY R A, WALSH R P D. Soil water repellency: its causes, characteristics and hydro-geomorphological significance[J]. Earth Science Reviews, 2000, 51(1/4):33-65.
- [30] MATAIX-SOLERA J, DOERR S H. Hydrophobicity and aggregate stability in calcareous topsoils from fire-affected pine forests in south-eastern Spain[J]. Geoderma, 2004(1/2):77-88.
- [31] 陈俊英,张智韬,杨飞,等. 土壤的斥水性和含水量变化关系的数学模型[J]. 灌溉排水学报, 2009, 28(6):35-38.
- [32] KING P M. Comparison of methods for measuring severity of water repellence of sandy soils and assessment of some factors that affect its measurement [J]. Australian Journal of Soil Research, 1981, 19(3):275-285.
- [33] DEKKER L W, RITSEMA C J. Wetting patterns and moisture variability in water repellent Dutch soils[J]. Journal of Hydrology, 2000, 231/232:148-164.

Effects of Soil Repellency on Germination of Different Plant Seeds

TANG Dexiu^{1,2,3}, LI Yi^{1,2,3*}, LIU Feng⁴, WANG Yichen^{1,2,3}

(1. College of Water Conservancy and Architectural Engineering, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

2. Institute of Water-saving Agriculture in Arid Areas of China (IWSA), Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

3. Key Laboratory of Agriculture, Ministry of Education, Northwest A & F University, Yangling 712100, China;

4. Sichuan Water Resources and Hydroelectric Investigation & Design Institute, SWHI, Chengdu 610000, China)

Abstract: **【Objective】** Soil repellency affects the ability of soil to retain and conduct water, and the purpose of this paper is to study its impact on germination of different plant seeds. **【Method】** We examined seeds of 16 species in four types of plants. The soil hydrophobicity was characterized by the water drop penetration time (*WDPT*). Soils with *WDPT* of 7 s, 12 s and 16 s were tested, and the control was a hydrophilic soil. In the experiments, we measured the germination time and germination rate of the seeds. **【Result】**① Soil repellency affected initiation of the germination of most seeds. Increasing soil repellency delayed the initiation of germination of seeds of flowers, arable crops and vegetables, but had negligible impact on germination of tree seeds. ② The average germination rate of seeds of vegetables, flowers, trees and crops in hydrophilic soil was 30.00% and 43.75%, 15.00% and 50.83% respectively, while in repellent soil, the germination rate of all seeds decreased as the *WDPT* increased. **【Conclusion】** Soil repellency affects germination of seeds of vegetables, flowers and crops more than the seeds of trees, especially the seeds of Chinese red pine and rape which are not sensitive to soil hydrophobicity. **Key words:** soil water repellency; *WDPT*; plant species; germination rate; initiation germination time

责任编辑:白芳芳