

2 种植物抗逆剂对苗木抗旱促长作用研究

李健康^{1,2}, 王培新², 孟惠荣³, 杨清娥¹, 韩崇选^{1*}

(1. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 2. 陕西省森林病虫害防治检疫总站, 陕西 西安 710082;
3. 咸阳市森林病虫害防治检疫站, 陕西 咸阳 712000)

摘要: 纳米型植物抗逆剂(NPA)是西北农林科技大学鼠害治理研究中心研制的无公害多功能植物保健剂, 集抗旱、保水、促长和预防鼠(兔)害功能于一体。为了研究 NPA 对苗木作用的效果, 以多效抗旱驱鼠剂(RPA)为参照, 采用模拟蘸浆造林方法, 比较了 2 种药剂对油松和侧柏抗旱促长作用差异。结果显示, 用 150 倍 NPA 和 RPA 水溶液兑成泥浆对苗木抗旱均有较好的促进作用。NPA 对苗木保存率、苗高、地径和根长的促进作用大于 RPA, 且在低水分组和油松上表现尤为明显。

关键词: 纳米型植物抗逆剂; 多效抗旱驱鼠剂; 油松; 侧柏; 抗旱促长

中图分类号: S718.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-7461(2015)05-0111-07

Promotion Effects of Two Plant Anti-adversity Agents on Seedling Growth

LI Jian-kang^{1,2}, WANG Pei-xin¹, MENG Hui-rong³, YANG Qing-e¹, HAN Chong-xuan^{1*}

(1. Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Shaanxi Station of Forest Pest Management, Xi'an, Shaanxi 710082, China; 3. Xianyang Station of Forest Pest Management, Xianyang, Shaanxi 712000, China)

Abstract: The nano-type plant anti-adversity agent (NPA), which was developed by the Research Center of Rodent Pest Management of Northwest A&F University, is the multi-functional plant health care product with pollution-free and rodent repellent, it integrates the functions of fighting drought, water retention, promoting growth and preventive rodent. In order to study the effect of NPA to seedlings, we used the RPA as the reference, and adopted simulated afforestation method of dipping the seedling roots with the slurries mixed with the reagents, drought fighting and growth promoting of two repellents to *Pinus tabulaeformis* and *Platycladus orientalis* were examined. Experimental results showed that slurries prepared by 150 times diluted NPA and RPA exhibited good promotion effects on seedlings. The promoting effect of NPA to seedling survival rate, seedling height, ground diameter and root length were higher than those of RPA, and especially in the treatments of low moisture and *P. tabulaeformis* seedlings.

Key words: NPA; RPA; *Pinus tabulaeformis*; *Platycladus orientalis*; fighting drought and promoting growth

鼠害是一个世界性的难题, 危害涉及人类活动的各个方面, 严重威胁人类粮食安全和生态文明建设^[1-3]。从保护目的植物出发, 利用驱避剂保护是一种有效的策略^[4-9], 但是由于各类驱避剂的作用效果和有效期差异很大, 对环境的干扰程度也不同, 直接

或间接影响造林后林地害鼠种群密度和分布规律, 导致不同林地害鼠发生规律的差异, 进而引起林木被害程度和生长状况发生变化^[10-13]。为此, 以多效抗旱驱鼠剂(RPA)为参考, 进行了纳米型植物抗逆剂(NPA)蘸浆造林对林木抗旱促长作用研究, 为实

收稿日期: 2013-11-14 修回日期: 2014-11-20

基金项目: 国家林业公益性行业专项(201404405); 国家林业局重点项目(2012-02)。

作者简介: 李健康, 男, 高级工程师, 研究方向: 森林有害生物治理。

* 通信作者: 韩崇选, 男, 教授, 研究方向: 森林鼠害治理。E-mail: sendakingcat@qq.com

现纳米型植物抗逆剂的科学、合理和有效使用提供参考。

1 材料与方法

纳米型植物抗逆剂(NPA)是西北农林科技大学鼠害治理研究中心利用纳米氧化钙(CaO)的微电磁作用研制的新型植物抗逆剂,2012 年获陕西省科学技术一等奖;多效抗旱驱鼠剂(RPA)是一种无公害高科技产品,2001 年获陕西省科技进步一等奖,在林业生产上已广泛使用。试验用苗木是 1 年生油松(*Pinus tabulaeformis*)和 1 年生侧柏(*Platycladus orientalis*)。其中,油松苗高(13.2±1.8)cm,地径(2.3±0.2)mm,根茎比 1:1.72,苗木鲜重(4.6±1.2)g;侧柏苗高(31.4±3.2)cm,地径(3.1±0.4)mm,根茎比 1:1.25,鲜重(5.0±1.5)g。

用 NPA 和 RPA0、50、150、250 倍水溶液兑成泥浆。以苗木根系包被完全为准,分别对油松和侧柏苗木进行定量蘸浆处理,重复 3 次。2008 年 4 月 12 日定植到 30 cm×50 cm 的花盆中。采取水分含量梯度法测定,即保持盆内土壤水分依次为12.0%、16.0%、20.0%、24.0%和 28.0%,组内各盆间土壤水分含量±1.0%。每水分梯度处理油松 20 株,随机区组排列。2008年10月,测量各组苗木的高、茎、

根的生长量和苗木的鲜重^[12-13]。采用 SPSS17.0 软件进行数据的差异性、性关性和模型分析,并计算各指标的年增益指数:

年增益指数=

$$\frac{\text{处理苗木生长年增量}-\text{对照苗木生长年增量}}{\text{对照苗木总生长量}}\times 100\%$$

2 结果与分析

2.1 药剂不同用量促长作用分析

用 2 种药剂 50、150、250 倍水溶液兑成泥浆模拟蘸浆造林,苗木的生长均不同程度的增加(表 1)。其中 150 倍处理促长效果最明显。说明 150 倍处理最接近两者药剂蘸浆造林的理想使用剂量。从各生长指标的增益指数进行分析可知,2 种药剂对油松的促长作用优于侧柏,且各指标随使用剂量的变化趋势一致。但药剂对油松和侧柏各指标增益指数程度有所差异,对油松生长指标的增益指数大小依次为根长>地径>苗高,对侧柏依次为地径>苗高>根长。证明 2 种药剂对油松苗木根长促长作用大于地径和苗高,苗木根系相对发达。而对侧柏地径有很高的增益作用,对苗高和根长增益相对较弱,苗木健壮。同时也证明 2 种药剂对油松和侧柏苗木根系的吸水功能均有很好的促进作用。

表 1 棚内模拟蘸浆造林苗木生长量统计									
Table 1 The quantity of seedling growth in shed with root dipping offorestation simulation									
药剂	苗木	生长指标	年净增长/cm,鲜重/(g·株 ⁻¹),地径/mm				年增益指数/%		
			ck	50	150	250	50	150	250
纳米型植物 抗逆剂 NPA	油松	苗高	5.2±0.8	11.4±3.1	15.5±2.1	13.2±4.2	33.7±11.4	55.2±4.0	43.5±14.3
		地径	3.3±0.1	5.6±0.3	7.1±0.1	5.4±0.2	41.1±8.3	69.8±1.7	37.5±4.2
		根长	4.6±0.2	9.1±1.1	14.0±0.6	10.7±1.3	47.4±7.6	99.6±2.3	64.2±11.6
	侧柏	苗高	21.5±1.3	33.1±4.6	49.7±4.3	39.6±5.6	21.9±10.1	52.8±4.0	34.2±13.1
		地径	4.5±0.1	7.7±0.4	11.0±0.2	8.5±0.5	41.6±9.4	85.5±0.4	51.9±12.5
		根长	19.7±0.1	26.4±1.3	26.3±0.7	23.7±1.8	19.9±8.5	19.5±1.7	11.9±12.1
多效抗旱 驱鼠剂 RPA	油松	苗高	5.3±0.9	10.3±2.7	14.5±1.5	11.1±3.5	27.7±13.6	49.8±0.7	32.1±19.3
		地径	3.0±0.1	4.5±0.4	6.0±0.2	4.2±0.3	21.4±12.5	56.0±2.2	16.1±8.3
		根长	4.1±0.3	8.7±1.3	13.1±0.6	9.5±1.5	43.2±21.6	99.2±1.3	51.6±25.5
	侧柏	苗高	22.9±1.5	31.9±5.2	47.9±2.8	41.3±7.1	19.7±11.9	46.0±1.2	37.4±17.7
		地径	4.7±0.1	6.7±0.5	9.6±0.3	7.4±0.7	28.6±12.5	63.6±1.8	37.7±18.8
		根长	20.0±0.4	23.1±1.4	25.9±0.9	24.9±1.6	10.1±9.2	17.5±1.5	15.4±10.6

2.2 棚内不同水分含量苗木保存率变化

从 2 种药剂处理油松和侧柏保存率对比分析,药剂对其保存率作用有差异,均表现为对油松的作用强度大于侧柏,土壤水分愈低,差异愈明显。其中,在 12%水分条件下,NPA 对油松保存率的净增率为 50.0%±12.6%,各水分条件下的均值为 18.0%±5.1%($F=1.963, p=0.194$),增益指数净增 49.9%±31.1%($F=2.724, p=0.091$)。RPA

对油松保存率的净增率为 45.0%±11.0%,处理均值为 15.0%±4.5%($F=3.271, p=0.059$),增益指数提高 42.2%±22.9%($F=4.921, p=0.019$;表 2)。

2.3 对苗木高径生长的影响

苗高和地径反映了苗木地上部分的生长状况,是衡量苗木生长的重要指标。2 种药剂处理后,对苗高和地径促长作用差异很大。

表 2 模拟试验苗木保存率变化

Table 2 Seedling survival rates of change in simulation test

树种	水分/%	保存率/%			增益指数/%	
		纳米型抗逆剂 NPA	多效抗旱驱鼠剂 RPA	对照 ck	纳米型抗逆剂 NPA	多效抗旱驱鼠剂 RPA
油松	12.0	80.0±5.8	75.0±2.9	30.0±8.7	240.7±133.5	198.1±86.8
	16.0	95.0±2.9	90.0±2.9	70.0±11.5	45.2±29.3	37.1±27.1
	20.0	100.0±0.0	100.0±0.0	95.0±2.9	5.5±3.2	5.5±3.2
	24.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	28.0	100.0±0.0	95.0±2.9	90.0±5.8	12.0±7.2	6.9±10.1
	统计	95.0±2.3	92.0±2.6	77.0±7.3	60.7±33.6	49.5±25.4
侧柏	12.0	85.0±2.9	80.0±5.8	70.0±5.8	23.8±14.5	17.3±18.1
	16.0	100.0±0.0	95.0±2.9	85.0±5.8	18.7±8.1	12.5±6.3
	20.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	24.0	100.0±0.0	100.0±0.0	100.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	28.0	100.0±0.0	95.0±2.9	90.0±2.9	11.3±3.6	5.9±5.6
	统计	97.0±1.7	94.0±2.3	89.0±3.3	10.8±3.9	7.1±3.8

2.3.1 对油松高径生长增益作用比较 2 种药剂对油松苗木高径的影响有明显的差异,但差异程度不同。从苗高年净增长分析,150 倍 NPA 和 RPA 蘸浆处理的油松苗高年净增长为(15.6±1.1)cm 和 (14.5±0.8)cm,相差(1.0±0.4)cm;增益率为 54.7%±2.7%和 49.6%±1.5%,相差 5.1%±2.7%,整体差异不显著($F=0.519, p=0.477$);但 20%水分组苗高年净增长相差(3.1±0.9)cm,增益

差 18.1%±5.2%,差异达显著水平($F=16.959, p=0.015$)。对于地径,两者年净增长均值为(7.2±0.1)cm 和(6.0±0.1)cm,相差(1.2±0.1)cm,增益率分别达 71.0%±2.0%和 56.1%±1.6%,差异极显著($F=62.441, p=0.000$)。两者的相对苗高相差(−3.1±0.4)cm,增益差为 −5.4%±1.7%,整体差异显著($F=7.179, p=0.012$;图 1)。

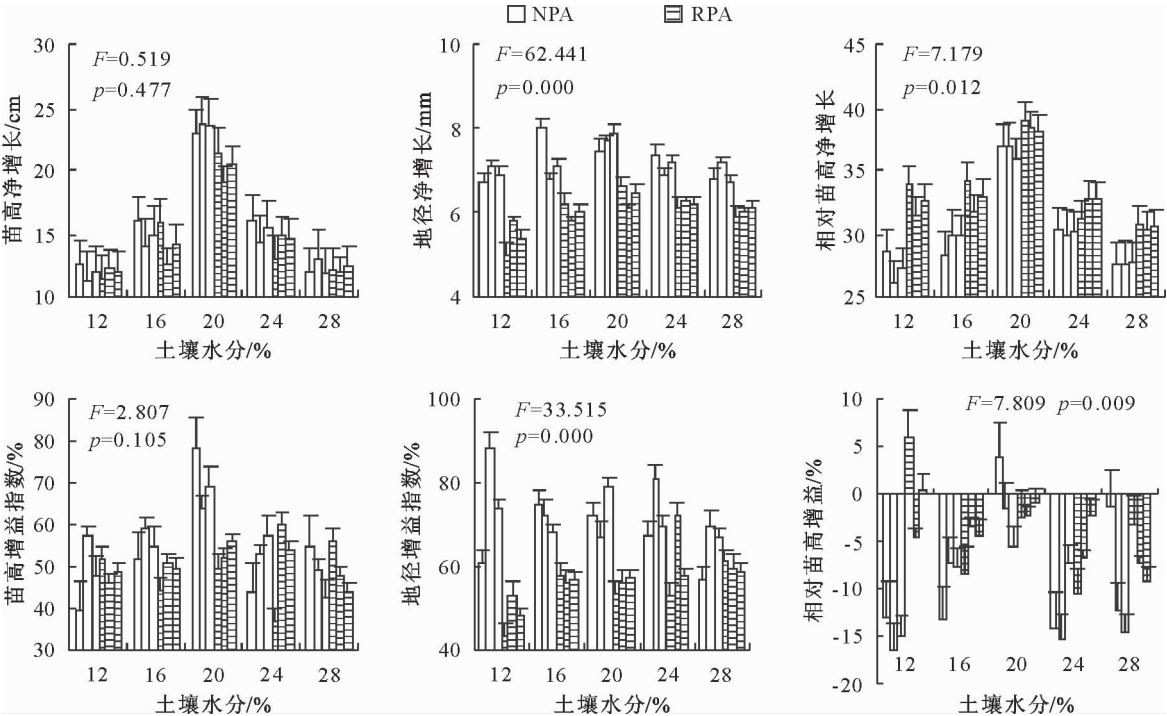


图 1 2 种药剂对油松高径年净生长比较

Fig.1 Influence of two repellents on seedling height and ground diameter of Chinese pine

对 2 种药剂高径生长各指标增量与土壤水分进行回归分析,苗高年净生长增量(H_{n-r})和增益指数增量(P_{h-n-r})均呈不显著的 Quadratic-模型:

$H_{n-r}=-4.427+0.670M_s-0.017M_s^2$ ($n=15, R^2=0.341; F=3.103, p=0.082$) (1)

$P_{h-n-r}=-25.673+3.983M_s-0.107M_s^2$ ($n=15, R^2=0.350; F=3.230, p=0.075$) (2)

模型的极大值分别出现在 19.39%和 18.68%

附近,在模型极大值出现以前,2 种药剂处理油松苗高年净生长差幅随土壤水分增加有逐渐扩大的趋势。说明 2 种药剂在土壤缺水条件下对油松苗高增益作用差异不明显。地径增量(R_{drr})及其增益率增量(P_{drr})与土壤水分满足 Linear-模型:

$$R_{drr}=1.747-0.028M_s$$

$(n=15,R^2=0.367;F=7.550,p=0.017)$ (3)

$$P_{drr}=31.667-0.0856M_s$$

$(n=15,R^2=0.587;F=18.495,p=0.001)$ (4)

模型显示,试验设计土壤水分范围内,2 种药剂处理油松地径年净生长增量随水分增加而降低,但模型值>0。说明 NPA 的作用效果高于 RPA;且土壤愈缺水,两者的差异愈大。试验水分范围内,模型值<0。

2.3.2 对侧柏高径生长增益作用比较 2 种药剂高径生长指标 ANOVA 单因素方差分析和 LSD 多重比较结果显示,2 种药剂对侧柏苗木高径生长指标的影响不同。NPA 和 RPA 蘸浆处理苗高年净增长差幅均值为 (-2.7 ± 0.7) cm,增益均值为

$-2.4\% \pm 1.8\%$,后者大于前者。药剂间整体差异不显著($F=2.863,p=0.102$),但各水分组间差异明显($F=6.191,p=0.009$)。其中,16%水分组苗高年净增长相差 (-4.0 ± 0.9) cm,增益相差 $-4.7\% \pm 2.8\%$,差异显著 ($F=17.164,p=0.014$);20%组苗高年净增长相差 (-7.0 ± 1.0) cm,增益差 $9.7\% \pm 2.0\%$,差异极显著 ($F=39.088,p=0.003$)。说明在土壤萎蔫含水量到有效持水量范围内,2 种药剂对侧柏苗高的作用差距随水分的增加而扩大。地径净增量两者相差 (1.2 ± 0.1) mm,其增益相差 $28.6\% \pm 1.4\%$,组间差异不显著 ($F=3.475,p=0.050$),药剂间差异极显著 ($F=110.709,p=0.000$)。说明 NPA 对侧柏地径的促长作用明显好于 RPA,而且效果相对稳定。2 种药剂的相对苗高平均相差 (-7.5 ± 0.5) cm,增益相差 $-14.5\% \pm 1.3\%$,组间差异不明显 ($F=2.912,p=0.078$),药剂间差异极显著 ($F=91.824,p=0.000$;图 2)。说明 NPA 处理的苗木明显比 RPA 处理的苗木地径大,相对苗高较小,抗逆性强。

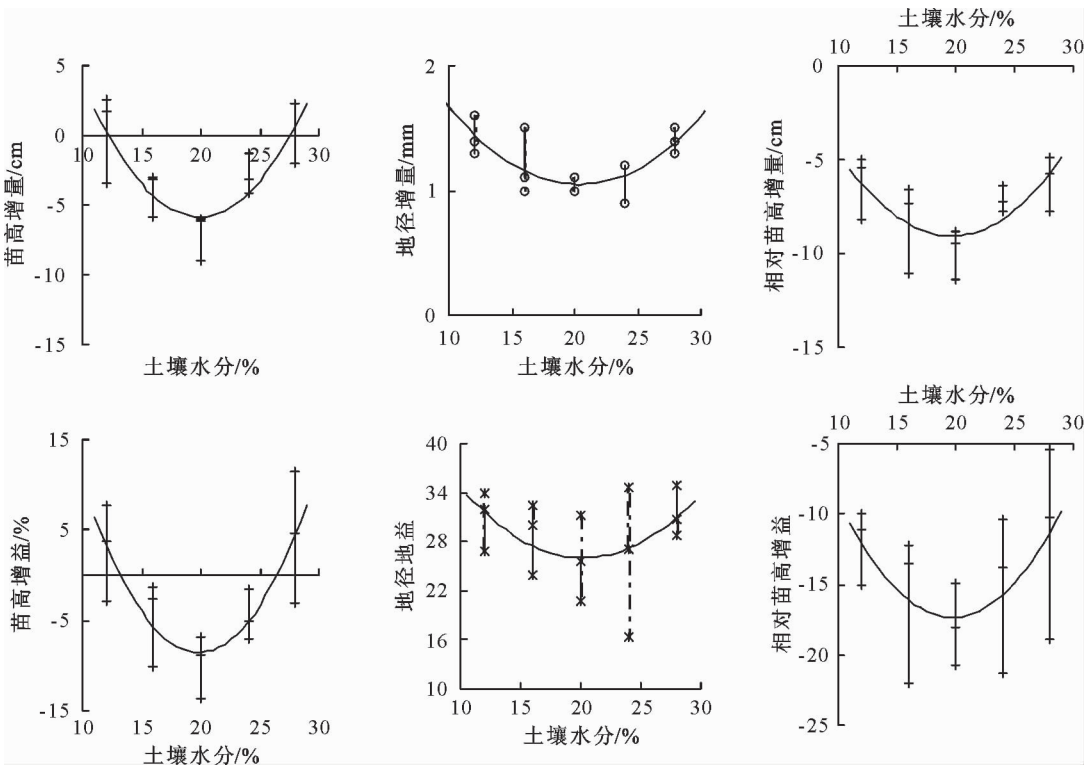


图 2 2 种药剂对侧柏高茎年净生长差值

Fig. 2 Effects of two repellents on *P. orientalis* annual net increment differential of high-stalk

2.4 对苗木根生长的影响

根长和根茎比反映了苗木地下部分的生长状况,是衡量苗木质量和抗逆性的重要指标。处理对油松的根部生长有稳定的促进作用。

2.4.1 2 种药剂对油松根生长增益作用比较

NPA 与 RPA 处理根长年净生长相差 (0.43 ± 0.23) cm;最大相差出现在 12%水分组,为 (0.70 ± 0.95) cm;最小差距出现在 16%水分组,为 (0.17 ± 0.24) cm,20%水分组相差 (0.53 ± 0.22) cm,24%和 28%水分组依次降低,分别为 (0.40 ± 0.15) cm 和 (0.33

± 0.82) cm。组间差异不显著($F=0.119, p=0.973$); NPA 和 RPA 相比,差异也不显著($F=1.350, p=0.255$)。2 种药剂处理苗木根茎比相差(-0.005 ± 0.02) mm, 20%水分组相差(-0.07 ± 0.02) mm, 组间差异不显著($F=1.595, p=0.250$), NPA 和 RPA 差异也不显著($F=0.099, p=0.756$; 图 3)。2 种药剂处理根长增益指数相差均值为

$1.25\% \pm 2.91\%$, 20%水分组相差最大, 为 $4.26\% \pm 4.86\%$, 组间差异不显著($F=0.188, p=0.668$), 2 种药剂间差异也不显著($F=0.118, p=0.973$)。NPA 和 RPA 处理根茎比增益相差均值为 $-1.35\% \pm 2.93\%$, 20%水分组相差 $-12.36\% \pm 3.80\%$, 但组间差异不显著($F=1.717, p=0.222$), 药剂间差异也不显著($F=0.338, p=0.565$)。

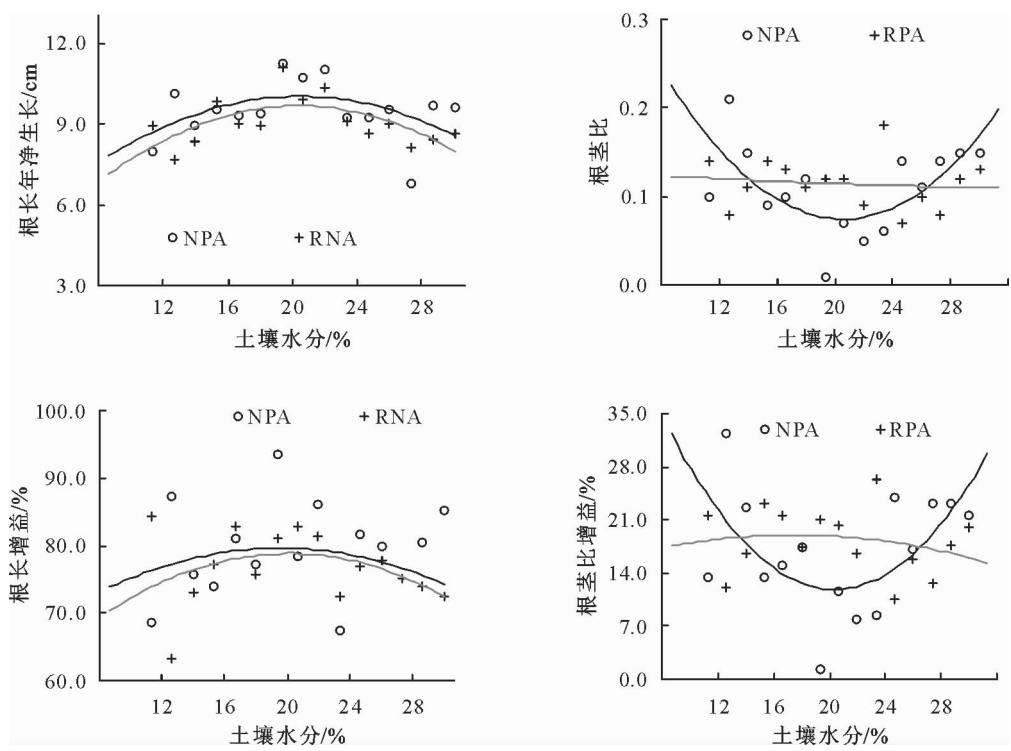


图 3 2 种驱避剂对油松根生长作用比较

Fig. 3 Comparison of the root growth of *P. tabulaeformis* by using two repellents

2.4.2 2 种药剂对侧柏根生长增益作用比较
NPA 和 RPA 对侧柏根生长影响规律有着明显的差异(图 4)。按照水分梯度分析,NPA 处理侧柏的根长比 RPA 处理年净增量依次为(3.23 ± 0.41) cm、(0.40 ± 0.23) cm、(0.07 ± 0.32) cm、(-0.03 ± 0.43) cm 和(0.72 ± 0.43) cm,均值为(0.88 ± 0.35) cm。组间差异极显著($F=13.045, p=0.001$); 2 种药剂间整体差异不显著($F=3.736, p=0.063$), 但其中 12%水分组差异显著($F=54.703, p=0.001$)。根长增益指数差值变化规律与根长差值相同,12%水分组最大,为 $7.29\% \pm 0.97\%$, 均值 $1.88\% \pm 0.81\%$, 组间差异十分显著($F=13.128, p=0.001$); 两药剂间整体差异也不明显($F=3.741, p=0.063$), 而其中也是 12%水分组差异极显著($F=57.701, p=0.002$)。

NPA 和 RPA 处理根茎比与其对照差值变化规律正好相反,因而 12%和 16%水分组两者间的差值相同,为 0.04 ± 0.02 和 0.04 ± 0.01 , 20%水分组为

0.06 ± 0.01 , 均值为 0.03 ± 0.01 。组间差异不显著($F=1.546, p=0.262$); 两药剂间虽有差异,但不达显著水平($F=0.795, p=0.380$); 其中,20%水分组差异最大,但也不达显著水平($F=7.364, p=0.053$)。其增益指数差值变化规律与根茎比类似,也是 20%水分组最大,为 $4.07\% \pm 0.83\%$, 均值为 $1.75\% \pm 0.91\%$ 。组间无差异($F=1.805, p=0.205$); 两药剂间整体差异不显著($F=4.089, p=0.053$), 但 20%水分组差异显著($F=11.007, p=0.029$; 图 4)。

3 结论与讨论

干旱和鼠(兔)害是我国黄土高原造林的主要风险因素^[1-2], 为规避这些风险,人们选择了多种方法, 利用抗逆剂干预就是一种有效方法^[9-16]。本试验通过模拟蘸浆造林试验,测定了纳米型植物抗逆剂(NPA)和多效抗旱驱鼠剂(RPA)不同水分梯度下对油松和侧柏的抗旱促长作用,得出了以下主要结论。

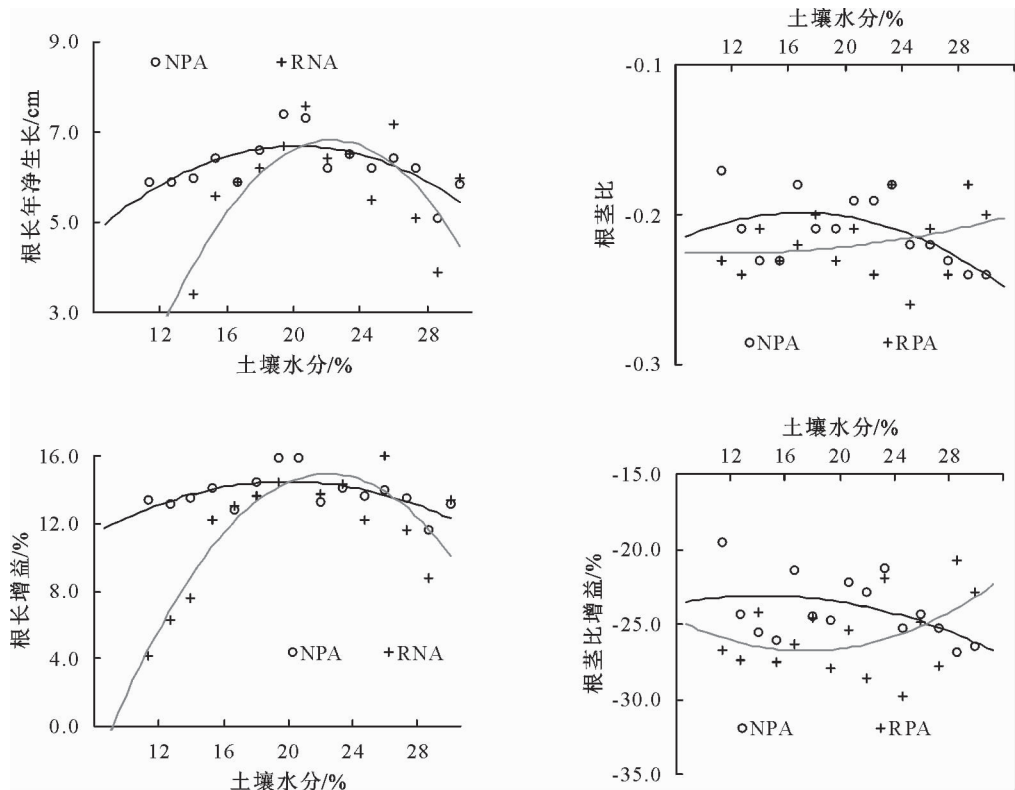


图 4 2 种驱避剂对侧柏根生长作用比较

Fig. 4 Comparison of the root growth of *P. orientalis* by using two repellents

3.1 使用量

用 150 倍 NPA 和 RPA 水溶液兑成泥浆对苗木抗旱促长作用最好。两种药剂对油松促长作用强于侧柏,各生长指标增益指数,油松依次为根长>地径>苗高,侧柏为地径>苗高>根长。

3.2 2 药剂对苗木保存影响差异

NPA 对苗木保存率增益作用优于 RPA,在低水分组表现尤为明显,且对油松作用大于侧柏。12%水分组对照、RPA 和 NPA 保存率油松依次为 30.0%±8.7%、75.0%±2.9%和 80.0%±5.8%,与对照差异极显著;侧柏为 70.0%±5.8%、80.0%±5.8%和85.0%±2.9%;NPA 与对照差异极显著,RPA 差异显著。两药剂增益指数油松为 240.7%±133.5%和 198.1%±86.8%,差异极显著;侧柏为 23.8%±14.5%和 17.3%±18.1%,差异不显著。

3.3 对苗木根茎作用差异

2 药剂苗高净增量和增益指数与土壤水分关系,油松 Quadratic-模型不显著,侧柏 Quadratic-模型极显著,模型极大值出现以前,2 种药剂处理油松苗高年净生长差幅随土壤水分增加有逐渐扩大的趋势,说明 2 种药剂在土壤缺水条件下对苗高增益作用差异不明显。地径增量及其增益率增量油松随水分增加直线下降,符合 Linear-模型;侧柏地径增量

符合 Quadratic-模型,增益率增量 Quadratic-模型不显著,模型极小值出现以前,地径增量随水分增加而降低;试验设计水分范围内模型值>0,说明 NPA 作用效果高于 RPA,且土壤愈缺水,两者差异愈大。

3.4 对苗木根部生长作用差异

油松 NPA 和 RPA 根长及其增益指数差值与土壤水分的关系模型不显著;而根茎比及其增益指数差值具有 Quadratic-模型特征。侧柏根长和其增益指数差值与土壤水分呈极显著的 Quadratic-模型,而根茎比和其增益指数差值具有 Quadratic-模型特征。2 药剂对根长和根茎比作用规律相反,在土壤最小持水量与有效含水量之间,NPA 与 RPA 对苗根长促进作用的差异随水分增加而减弱,幅度逐渐变小;而对根茎比的影响差异逐渐增大。在土壤有效含水量范围内,两药剂对苗木根长促长差异最小,甚至消失;而在其范围以外,尤其在土壤缺水状况下,NPA 的促长作用大于 RPA,但整体差异不显著。在土壤有效含水率范围内,NPA 对根茎比作用大于 RPA,而在土壤缺水和过多时,小于 RPA,但总体差异也不显著。

参考文献:

[1] 韩崇选,李金钢,杨学军,等. 中国农林啮齿动物与科学管理 [M]. 杨陵:西北农林科技大学出版社,2005:197-234.
[2] 韩崇选. 农林啮齿动物灾害环境修复与安全诊断[M]. 杨陵:

西北农林科技大学出版社,2004:161-382.

[3] GRANT R. SINGLETON,STEVEN BELMAIN,PETER R, *et al.* Impacts of rodent outbreaks on food security in Asia[J]. Wildlife Research, 2010,37(5):355-359.

[4] MIAH M D,REHMAN M L, AHSAN M F. Assessment of crop damage by wildlife in Chunati Wilklife Sanctuary[J]. Balgladesh Tigerpaper,2001,28(4):22-28.

[5] KIMBALL B A,NOLTE D L,PERRY K B,*et al.* Hydrolyzed casein reduces browsing of trees and shrubs by white tailed deer[J]. Hort Science,2005,40(6):1810-1814.

[6] AVERY M L,TILLMAN E A, LAUKERT C C. Evaluation of chemical repellents for reducing crop damage by *Dickcissels* in Venezuela[J]. International Journal of Pest Management, 2001,47(4):311-314.

[7] JOHNSTON J J,D A GOLDADE, R B CHIPMAN. Capsaicin migration through maple sap collection tubing[J]. Crop Protection,2002,21:1109-1112.

[8] KIDD H. Wildlife management in Australia[J]. Pesticide Outlook, 2002, 13(6):249.

[9] 张希金,张亚光. 多效复合剂应用效果调查[J]. 辽宁林业科技,2001(3):19-20.

[10] 韩崇选,杨学军,胡忠朗,等. 多效抗旱驱鼠剂的苗木处理方法与效果[J]. 西北林学院学报,2001,16(4):41-45.
HAN C X, YANG X J, HU Z L, *et al.* Effect and seedling treatment method of RPA[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2001,16(4): 41-45. (in Chinese)

[11] 杨学军,王显车,吴凤霞,等. 多效抗旱驱鼠剂(RPA)的研制与应用[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(4):37-40.
YANG X J, WANG X C, WU F X, *et al.* Study on the development and application of RPA[J]. Journal of Northwest A&F University:Nat. Sci. Edi. , 2004, 32(4): 37-40. (in Chinese)

[12] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用研究[J]. 西北植物学报,2002,22(5):1150-1157.
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* Study on the action of fight drought and promoting growth of RPA [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2002, 22(5): 1150-1157. (in Chinese)

[13] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 多效抗旱驱鼠剂的抗旱促长作用机理研究[J]. 西北林学院学报,2003,18(4):96-99.
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* A study on the mechanisms of drought resistance and growth promotion of RPA [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(4): 96-99. (in Chinese)

[14] 韩崇选,杨林. 鼠类的危害与可持续控制技术研究[J]. 西北林学院学报,2003,18(1):49-52.
HAN C X, YANG L. Study on the endanger and the sostenuto controlling for rodents[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(1): 49-52. (in Chinese)

[15] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 鼠类危害的环境生态修复探讨[J]. 西北林学院学报,2005,20(4):124-128.
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* The environmental ecosystem rehabilitations of the rodent pests [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(4): 124-128. (in Chinese)

[16] 韩崇选,杨学军,王明春,等. 林区鼯鼠的综合管理研究[J]. 西北林学院学报,2002,17(3):53-57.
HAN C X, YANG X J, WANG M C, *et al.* The integrated pest management of *Zoker* in forest area [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2002, 17(3): 53-57. (in Chinese)