

卢兴霞,杨静慧,黄俊轩,等. 栎树乔灌木混合栽植对滨海盐碱地的生态改良效果[J]. 江苏农业科学,2016,44(11):460-463.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.11.132

# 栎树乔灌木混合栽植对滨海盐碱地的生态改良效果

卢兴霞,杨静慧,黄俊轩,刘艳军,刘 艳,王鹏鹤,袁文慧,冯 渝

(天津农学院园艺园林学院,天津 300384)

**摘要:**比较了栎树纯林、栎树+金银木乔灌木组合、栎树+草木樨乔灌木组合在不同季节对滨海盐碱地的改良效果。结果表明:2013年秋季,栎树纯林、栎树+金银木乔灌木组合对土壤含水量、pH值、盐分含量、 $\text{HCO}_3^-$ 含量的改良效果不明显,但可以明显降低土壤容重、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量,增加土壤总孔隙度和有机质含量,总体上秋季栎树纯林对盐碱地的改良效果好于栎树+金银木乔灌木组合。2014年春季,栎树纯林、栎树+金银木乔灌木组合、栎树+草木樨乔灌木组合除对土壤含水量、 $\text{HCO}_3^-$ 含量的改良效果不明显外,可以明显降低土壤容重、pH值、盐分含量以及可溶性离子( $\text{Cl}^-$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ )含量,增加土壤总孔隙度和有机质含量,总体上春季以栎树+草木樨乔灌木组合对盐碱地理化性质的改良效果最佳,其次为栎树+金银木乔灌木组合,最后为栎树纯林。试验结果也表明,栎树与其他植物组合栽植后,对盐碱地的改良效果在不同季节有显著差异。

**关键词:**栎树;金银木;草木樨;滨海盐碱地;生态改良

**中图分类号:** S156.4<sup>+</sup>2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)11-0460-04

目前,应用生物措施进行盐碱地改良被普遍认为是盐碱地开发、利用和改良最有效的途径,其改良效果持久、稳定,还可以保持水土、维护生态平衡<sup>[1]</sup>。关于生物措施改良盐碱地

主要是通过种植耐盐的草本、木本植物<sup>[2-5]</sup>,林木混交<sup>[6]</sup>,林草间作<sup>[7]</sup>等来改善土壤的理化性质,但关于应用乔木纯林、乔灌木组合、乔草组合栽植对盐碱地改良效果比较方面的研究尚未见报道。本试验选用天津市常见绿化树种栎树、金银木灌木以及优良牧草草木樨进行混植,组成栎树纯林、栎树+金银木乔灌木组合、栎树+草木樨乔灌木组合进行盐碱地改良试验,系统研究乔木纯林、乔灌木组合、乔草组合栽植对盐碱地理化性质的改良效果,并就其改良效果进行比较,为改良盐碱地筛选最佳生物改良模式,也为林木在盐碱地的推广应用提供依据。

收稿日期:2015-08-27

基金项目:国家农业科技成果转化资金(编号:2012GB2A100015);国家星火项目(编号:2013GA610012);天津市高等学校“优秀青年教师资助计划”;天津市农业科技成果与推广项目(编号:201303070)。

作者简介:卢兴霞(1978—),女,内蒙古呼和浩特人,硕士,讲师,主要从事园艺植物遗传育种和逆境生理生化研究。E-mail:luxingxia\_@163.com。

通信作者:杨静慧,博士,教授,主要从事园艺植物栽培、抗逆生理和分子育种研究。E-mail:jinghuiyang2@aliyun.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料为天津静海梁头镇盐碱地栽植的栎树纯林、栎

[7]李冠杰,刘莹莹,甄 静,等.一株降解纤维素细菌的分离、鉴定及酶学性质分析[J].河南科学,2015,4:530-534.

[8]孙 盈,田永强,赵丽坤.纤维素酶的CMC酶活测定条件的研究[J].食品工业科技,2013,34(2):68-71.

[9]廖延雄.《伯杰氏鉴定细菌学手册》与《伯杰氏分类细菌学手册》[J].微生物学通报,1992(4):249.

[10]黄春凯,左小明,王红蕾,等.一株产纤维素酶菌株的分离、鉴定及产酶特性[J].微生物学通报,2015,42(4):646-653.

[11]Yuan L, Wang W, Pei Y Y, et al. Screening and identification of cellulase-producing strain of *Fusarium oxysporum* [J]. Procedia Environmental Sciences, 2012, 12: 1213-1219.

[12]孙一博.高效纤维素降解菌的筛选鉴定及特性研究[D].哈尔滨:东北农业大学,2013.

[13]张 欢,丛丽娜,侯英敏,等.响应面法优化海洋枯草芽孢杆菌HS-A38增殖发酵培养基[J].大连工业大学学报,2012,31(1):19-23.

[14]胡丽娟,薛高尚,卢向阳,等.响应面法优化芽孢杆菌25-2产纤维素酶发酵条件[J].酿酒科技,2012(4):21-26.

[15]张 瑶,李 啸,潘冬瑞.Box-Behnken设计优化植物乳杆菌培养基[J].天津农业科学,2013,19(7):1-5.

[16]赵延存,李鹏霞,黄开红,等.适于解淀粉芽孢杆菌BGP20菌株生长的培养基响应面优化[J].食品科学,2014,35(3):157-162.

[17]Myers W R. Encyclopedia of biopharmaceutical statistics [M]. New York: Marcel Dekker, 2003: 858-869.

[18]张丽美,王秀玲,韩梅琳,等.枯草芽孢杆菌发酵菌糠制备饲料微生物添加剂的研究[J].饲料工业,2013,34(2):49-53.

[19]刘伯实.纤维素酶产生菌的筛选及其在菌糠开发中的利用[D].天津:天津大学,2008.

[20]库米拉·马吉提,王伟,张晓燕,等.响应面法优化枯草芽孢杆菌发酵产低温淀粉酶的工艺条件[J].新疆农业大学学报,2012,35(6):478-483.

[21]王雪莲,王 敏,路健美,等.枯草芽孢杆菌生防菌B579最佳培养基响应面法优化[J].江苏农业学报,2009,25(1):212-215.

[22]陈 羽,冯 镇,张宏伟,等.响应面法优化芽孢杆菌FC96培养基组分的研究[J].食品科技,2011(6):30-34.

树+金银木乔灌组合、栾树+草木樨乔草组合。其中,栾树纯林的株行距为 3 m×3 m;栾树+金银木乔灌组合中栾树的株行距为 4 m×4 m、金银木的株行距为 1.4 m×4 m;栾树+草木樨乔草组合中栾树的株行距为 3 m×3 m,草木樨于 2013 年 11 月播种在栾树林的树行中。

试验土样分别于 2013 年秋季(10 月 16 日)、2014 年春季(6 月 6 日)进行取样。在每种林地内随机选择 0.067 hm<sup>2</sup>,采用对角线法,每个样点用土钻采集 0~50 cm 的土壤样品,5 个样点均匀混合,每种林地 3 次重复。样品采回后置于室内通风处阴干,过 1 mm 筛用于土壤化学性质的分析。物理性质的取样深度为 15~25 cm,具体方法为先用锹挖去 15 cm 的表层土,然后采用环刀法取样进行物理性质的测定分析,3 次重复,每次重复为 5 个样点。所有土样基本均在栾树树冠外围边缘的圆周处进行采集,栾树+金银木乔灌组合样点基本在栾树与金银木之间,栾树+草木樨样点基本在栾树与草木樨之间稍微偏向草木樨的冠幅外缘处。

1.2 试验方法

土壤理化性质采用如下方法测定<sup>[8]</sup>:土壤容重、总孔隙度采用环刀法测定,含水量采用烘干法测定,土壤 pH 值采用酸度计测定,土壤盐分含量用电导法测定,土壤有机质含量采用重铬酸钾容量法-外加加热法测定,土壤 K<sup>+</sup>、Na<sup>+</sup> 含量采用火焰光度法测定,Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup> 采用 EDTA-滴定法测定,Cl<sup>-</sup> 采用硝酸银滴定法测定,CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 采用双指示剂-中和滴定法测定。土壤浸出液采用水土比 5 mL:1 g。

1.3 数据处理

数据采用 SPSS 17.0 进行方差分析。

土壤脱盐率=(撂荒地盐分含量-林地盐分含量)/撂荒地盐分含量×100%。

2 结果与分析

2.1 对土壤物理性质的改良效果

由表 1 可知,2013 年秋季、2014 年春季各林木对盐碱地含水量的改良效果与对照比均未达到显著效果,改良效果不明显,但对容重和总孔隙度的改良效果比较明显。就盐碱地容重和总孔隙度而言,2013 年秋季栾树林地容重和总孔隙度均与对照达到了显著性差异,容重比对照降低 24%,总孔隙度比对照升高 38%;而 2014 年春季栾树林地对盐碱地容重和总孔隙度改良作用与对照相比均未达到显著水平。栾树+金银木乔灌组合春、秋季对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果与栾树纯林的相反,2013 年秋季对盐碱地容重和总孔隙度改良作用与对照相比均未达到显著水平;2014 年春季对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果均达到了显著性水平,容重比对照下降 24%,总孔隙度比对照升高 29%。栾树+草木樨乔草组合对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果均达到了显著水平,使盐碱地容重下降 17%,总孔隙度比对照升高 19%。

2013 年秋季栾树纯林和栾树+金银木乔灌组合间、2014 年春季三块林地间(栾树纯林、栾树+金银木乔灌组合、栾树+草木樨乔草组合)对盐碱地容重、总孔隙度、含水量的改良效果均未达到显著性差异。总体上,2013 年秋季栾树纯林的改良效果好于栾树+金银木乔灌组合;2014 年春季,栾树+金银木乔灌组合、栾树+草木樨乔草组合的改良效果均好于栾树纯林,乔灌与乔草组合之间的改良效果差异不明显。

表 1 土壤物理性质的变化

| 样土类型   | 2013 年秋季               |         |        | 2014 年春季               |         |        |
|--------|------------------------|---------|--------|------------------------|---------|--------|
|        | 容重(g/cm <sup>3</sup> ) | 总孔隙度(%) | 含水量(%) | 容重(g/cm <sup>3</sup> ) | 总孔隙度(%) | 含水量(%) |
| 撂荒地    | 1.62a                  | 38.90b  | 14.95a | 1.43a                  | 46.03a  | 18.75a |
| 栾树     | 1.23b                  | 53.75a  | 15.99a | 1.25ab                 | 52.83ab | 16.72a |
| 栾树+金银木 | 1.45ab                 | 45.41ab | 17.11a | 1.08b                  | 59.43b  | 19.42a |
| 栾树+草木樨 |                        |         |        | 1.19b                  | 54.98b  | 17.51a |

注:同列中不同的字母表示在 0.05 水平差异显著。下表同。

2.2 对土壤化学性质的改良效果

2.2.1 对土壤 pH 值和可溶性盐的改良效果 由表 2 可知,2014 年春季林木对盐碱地 pH 值和盐分含量的改良效果显著好于 2013 年秋季。2013 年秋季,栾树纯林使盐碱地 pH 值、盐分含量显著增加,其中 pH 值增加了 0.7,盐分含量增加了

131.25%;栾树+金银木乔灌组合也使盐碱地 pH 值显著增加,但盐分含量与撂荒地差异不显著,与栾树纯林的含量达到显著性水平,其中 pH 值较撂荒地增加 0.6,盐分含量较撂荒地增加了 12.5%。

表 2 土壤 pH 值和盐分的变化

| 样土类型   | 2013 年秋季 |         |         | 2014 年春季 |         |        |
|--------|----------|---------|---------|----------|---------|--------|
|        | pH 值     | 盐分含量(%) | 脱盐率(%)  | pH 值     | 盐分含量(%) | 脱盐率(%) |
| 撂荒地    | 7.1b     | 0.16b   | —       | 7.6a     | 0.23a   | —      |
| 栾树     | 7.8a     | 0.37a   | -131.25 | 7.2b     | 0.07b   | 69.57  |
| 栾树+金银木 | 7.7a     | 0.18b   | -12.50  | 7.6a     | 0.11b   | 52.17  |
| 栾树+草木樨 |          |         |         | 7.3b     | 0.06b   | 73.91  |

2014 年春季,栾树纯林及其乔草组合对盐碱地 pH 值的改良效果均达到显著性水平,分别使 pH 值降低 0.4、0.3,且二者之间对盐碱地 pH 值的改良效果差异不显著,栾树+金银木乔灌混交林对土壤 pH 值基本无改良效果,表明栾树纯林和栾树+草木樨组合对土壤 pH 值的改良效果比较好。栾

树纯林及其乔灌组合、乔草组合对盐碱地盐分含量的改良效果较撂荒地均达到了显著水平,且脱盐率均在 50% 以上。其中,栾树纯林的脱盐率为 69.57%,栾树+金银木混交林的脱盐率为 52.17%,栾树+草木樨间作的脱盐率达到了 73.91%,表明栾树+草木樨间作对盐碱地盐分的降低效果更

显著,其次为栎树纯林。总体而言,栎树+草本樺乔草间作对盐碱地 pH 值和盐分含量的改良效果最好,其次为栎树纯林,最后为乔灌组合。

2.2.2 对土壤主要离子含量的改良效果 由表 3 可知,2013 年秋季各林地土壤除  $K^+$  和  $HCO_3^-$  的含量与撂荒地无显著差异,其他离子含量(乔灌组合  $Na^+$  含量除外)基本较撂荒地有显著降低。栎树纯林除使  $K^+$  和  $HCO_3^-$  的含量有所增加外,

其他离子( $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Cl^-$ )含量较撂荒地均显著降低;栎树+金银木除使  $HCO_3^-$  含量有所增加外,其他离子含量较撂荒地均有一定程度降低,其中, $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  含量与撂荒地含量达到了显著性差异,其他  $Cl^-$ 、 $Na^+$ 、 $K^+$  含量与撂荒地含量的差异均未达到显著性水平。综合比较认为,2013 年秋季栎树纯林对盐碱地可溶性离子含量的降低效果显著高于栎树+金银木乔灌组合。

表 3 2013 年秋季土壤主要离子含量的变化

| 样土类型   | 土壤主要离子含量(g/kg) |        |           |           |        |           |
|--------|----------------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|
|        | $K^+$          | $Na^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Cl^-$ | $HCO_3^-$ |
| 撂荒地    | 0.019 8ab      | 0.913a | 0.267a    | 0.08a     | 0.35a  | 0.226a    |
| 栎树     | 0.016 4b       | 0.683b | 0.167b    | 0.03b     | 0.14b  | 0.452a    |
| 栎树+金银木 | 0.023 2a       | 0.846a | 0.147b    | 0.01b     | 0.18b  | 0.452a    |

表 4 显示,2014 年春季栎树及其不同栽植组合对盐碱地不同阴、阳离子的改良效果差异较大。各林地土壤的  $K^+$ 、 $Na^+$  含量均比撂荒地显著下降,其中  $K^+$  含量降低最多的是栎树+金银木乔灌组合,比撂荒地下降了 0.033 g/kg,与栎树纯林和栎树+草本樺乔草组合的降低效应相比也达到了显著性水平,栎树纯林和栎树+草本樺乔草组合二者之间对  $K^+$  的改良效果差异不显著;3 种林地土壤  $Na^+$  含量与撂荒地含量相比均显著降低了,其中,使土壤  $Na^+$  含量降低最多的是栎树+草本樺乔草组合,降低了 0.3 g/kg,其与栎树纯林、栎树+金银木乔灌组合的降低效果相比也达到了显著性差异,后二者间的改良效果差异不显著。对于  $Ca^{2+}$  的含量,除栎树+金银木乔灌组合与撂荒地的含量差异不显著外,其他 2 块林地  $Ca^{2+}$  含量与撂荒地相比均显著降低 0.17、0.15 g/kg 且二者之间对土壤  $Ca^{2+}$  含量的改良效果不显著。对于  $Mg^{2+}$  含量,除栎树+草本樺乔草组合与撂荒地的含量差异未达显著性水平外,其他 2 块林地土壤  $Mg^{2+}$  含量与撂荒地相比均下降 0.07、0.12 g/kg,且二者之间的差异也达到了显著性水平,栎树+金银木乔灌组合使土壤  $Mg^{2+}$  含量下降得最多。

表 4 2014 年春季土壤主要离子含量的变化

| 样土类型   | 土壤主要离子含量(g/kg) |        |           |           |        |           |
|--------|----------------|--------|-----------|-----------|--------|-----------|
|        | $K^+$          | $Na^+$ | $Ca^{2+}$ | $Mg^{2+}$ | $Cl^-$ | $HCO_3^-$ |
| 撂荒地    | 0.052a         | 0.91a  | 0.28a     | 0.15a     | 0.32ab | 0.016b    |
| 栎树     | 0.024b         | 0.73b  | 0.11b     | 0.08b     | 0.37a  | 0.032a    |
| 栎树+金银木 | 0.019c         | 0.78b  | 0.21a     | 0.03c     | 0.25b  | 0.030a    |
| 栎树+草木樨 | 0.022b         | 0.61c  | 0.13b     | 0.11a     | 0.27b  | 0.037a    |

由表 4 可以看出,不同林地对土壤  $Cl^-$  含量与撂荒地的含量相比均未达显著性水平,表明各林地对土壤  $Cl^-$  含量的改良效果不明显,但各林地之间,栎树纯林与其乔灌组合和乔草组合  $Cl^-$  含量的差异均达到了显著性水平,乔灌组合、乔草组合的  $Cl^-$  含量均显著低于栎树纯林,但乔灌、乔草组合  $Cl^-$  含量差异不显著。各林地  $HCO_3^-$  含量与撂荒地的含量相比均显著提高,但各林地之间的含量差异并不显著,表明栽植栎树、栎树+金银木和栎树+草木樨后的土壤  $HCO_3^-$  含量显著增加。

天津滨海盐碱地土壤中主要盐碱离子是  $Na^+$  和  $Cl^-$ ,以各林木对盐碱地土壤  $Na^+$  和  $Cl^-$  的改良效果为依据,由表 3、表 4 可以得出,栎树在 2013 年秋季分别使  $Na^+$  和  $Cl^-$  降低 25.19% 和 60%,在 2014 年春季使  $Na^+$  降低 19.78%,使  $Cl^-$

升高 15.63%;栎树+金银木乔灌组合在 2013 年秋季分别使  $Na^+$  和  $Cl^-$  降低 7.34% 和 48.57%,2014 年春季分别使  $Na^+$  和  $Cl^-$  降低 14.29% 和 21.88%;2014 年春季,栎树纯林、栎树+金银木乔灌组合、栎树+草本樺乔草组合三者对盐碱地可溶性离子的改良效果以栎树+草本樺乔草组合最好。由表 3、表 4 综合分析得出,栎树纯林 2013 年秋季对盐碱地可溶性离子的综合改良效果较 2014 年春季好,栎树+金银木对  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $HCO_3^-$  三种可溶性离子改良效果 2014 年春季较 2013 年秋季好;2014 年春季栎树 3 种栽培模式中,以栎树+草本樺乔草组合对盐碱地可溶性离子的改良效果最好。

2.3 对土壤有机质含量的改良效果

由图 1 可知,2013 年秋季栎树纯林使土壤有机质含量增加最多,比撂荒地增加了 0.28 个百分点,与撂荒地及栎树+金银木组合达到显著性差异;栎树+金银木的有机质含量与撂荒地差异不显著。2014 年春季,栎树+草本樺乔草组合使土壤有机质含量增加最多,比撂荒地增加了 0.28 个百分点,与撂荒地及栎树、栎树+金银木组合的含量差异达到了显著性水平;栎树纯林及其乔灌混交林组合对盐碱地有机质含量的改良效果不明显且改良结果相近,且与撂荒地有机质含量差异不显著。

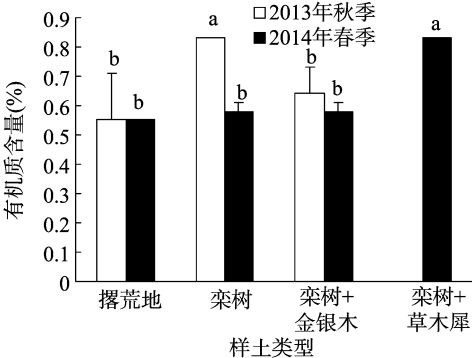


图1 土壤有机质含量

3 讨论

3.1 对土壤容重和总孔隙度的改良效果

关于木本植物对盐碱地物理性质改良效果的报道甚少,本研究在这方面进行了探讨。结果发现,2013 年秋季栎树纯林对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果好于 2014 年春季的

效果,但与金银木组合栽植后,其改良效果却出现春季好于秋季的效应。表明树种在不同季节对盐碱地的改良效果会因树种的栽植组合模式不同而有明显的差异。2014年春季,栾树与金银木或草木樨组合栽植后对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果均好于其纯林的效果,表明春季应用乔灌或乔草复层栽培模式对盐碱地容重和总孔隙度的改良效果好于其单一树种。

### 3.2 对土壤化学性质的改良效果

2013年秋季林地土壤pH值和盐分含量总体上均高于撂荒地,2014年春季则均低于撂荒地。表2、表3显示,2013年秋季栾树及栾树+金银木2块林地土壤的 $\text{HCO}_3^-$ 含量较高且明显高于 $\text{Cl}^-$ 含量,在各阳离子含量中 $\text{Na}^+$ 含量最高并明显高于其他阳离子含量,土壤可溶性盐分以 $\text{NaHCO}_3$ 为主,因此土壤pH值较高;表4显示,2014年春季3块林地(栾树、栾树+金银木、栾树+草木樨)土壤的 $\text{HCO}_3^-$ 含量少且明显低于 $\text{Cl}^-$ ,各阳离子含量中 $\text{Na}^+$ 含量最高并明显高于其他阳离子含量,土壤可溶性盐分以 $\text{NaCl}$ 为主,因此土壤pH值接近中性。一般盐碱地土壤溶液pH值受土壤可溶性盐分组成影响较大,当土壤可溶性盐成分以 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 或 $\text{NaHCO}_3$ 为主时,pH值一般为碱性或强碱性,当盐化土壤中的盐分以氯化物和硫酸盐为主时,土壤pH值一般是中性<sup>[9]</sup>,本研究结果与此结论一致。此外,栾树纯林土壤盐分含量在2013年秋季显著高于撂荒地,春季显著低于撂荒地,栾树+金银木林地土壤盐分含量春季显著地低于撂荒地,秋季与撂荒地含量差异不大,且春、秋季含量变化也不大,表明栾树+金银木乔灌组合栽植对盐分的控制效果比较稳定,且可以有效地控制秋季的返盐现象,而栾树纯林土壤在秋季的返盐现象比较严重。有研究表明,林分的抑盐效果与其郁闭度有密切的相关性,一般郁闭度越大,其抑盐效果越明显<sup>[10]</sup>,本研究结果与其研究结果一致。

### 3.3 对土壤有机质的改良效果

2013年秋季,栾树对盐碱地有机质的改良效果好于栾树+金银木,二者之间的差异达到了显著性水平。理论上,栾树+金银木组合栽植后由于其根系的深浅不同,在其生长发育过程中因根系的自疏作用会使不同土层有机质含量有所增加,其改良效果应好于栾树纯林,但试验结果却与之相反,是否与2种树栽植在一起的互作效应有关,具体原因有待进一步研究。2014年春季,栾树+草木樨栽植组合对盐碱地有机质的改良效果与栾树及栾树+金银木组合均达到了显著性差异,且改良效果最好,这到底是与草木樨是豆科植物,在春季生长时其根瘤菌能够进行固氮从而明显增加土壤中的有机质有关,还是乔草组合可以充分发挥其互作效应而使土壤有机质含量明显增加有关,仍须继续进一步研究。

## 4 结论

综上所述,栾树及其不同的乔灌、乔草栽植组合在不同季节除对土壤含水量和 $\text{HCO}_3^-$ 含量改良效果不明显外,对其他10项理化性质均有明显的改良效果。

2013年秋季,栾树纯林可以显著降低土壤容重以及 $\text{K}^+$ 、

$\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 含量,增加土壤总孔隙度和有机质含量;栾树+金银木乔灌组合对土壤容重、总孔隙度、 $\text{Na}^+$ 含量、 $\text{Ca}^{2+}$ 含量、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量、 $\text{Cl}^-$ 含量有明显的改良作用,对其他理化性质的改良效果不明显;总体上,2013年秋季栾树纯林对盐碱地理化性质的改良效果好于栾树+金银木乔灌组合。

2014年春季,栾树纯林可以明显降低土壤容重、pH值、盐分含量以及 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 含量,但土壤总孔隙度和有机质含量与撂荒地相近;栾树+金银木乔灌组合除对土壤pH值、 $\text{Ca}^{2+}$ 和有机质含量的改良效果不明显外,对土壤容重、总孔隙度、盐分含量以及 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 含量的改良效果均达到了显著性水平;栾树+草木樨乔草组合可以显著降低土壤容重、pH值、盐分含量以及 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 含量,增加土壤总孔隙度和有机质含量;2014年春季栾树+草木樨乔草组合对盐碱地理化性质的综合改良效果最佳,栾树+金银木乔灌组合次之,最后为栾树纯林。

此外,同一林地在不同的季节对盐碱地的改良效果也明显不同。栾树纯林除对pH值和盐分含量的改良效果春季好于秋季外,其他8项理化性质(土壤容重、总孔隙度以及 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、有机质含量)均表现出秋季的改良效果好于春季;栾树+金银木乔灌组合除对有机质含量的改良效果春、秋季相近外,其他9项理化性质(土壤容重、总孔隙度、pH值、盐分含量以及 $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 含量)均表现为春季的改良效果好于秋季。

### 参考文献:

- [1] 马晨,马履一,刘太祥,等. 盐碱地改良利用技术研究进展[J]. 世界林业研究,2010,23(2):28-32.
- [2] 卜建民,刘彩虹,杨占梅,等. 种植黄花草木樨对盐碱地土壤水、盐状况的影响[J]. 吉林农业大学学报,2012,34(2):176-179,183.
- [3] 肖克飏,吴普特,雷金银,等. 不同类型耐盐植物对盐碱土生物改良研究[J]. 农业环境科学学报,2013,31(12):2433-2440.
- [4] 卢兴霞,周俊,杨静慧,等. 两种林木栽植对滨海重盐碱地化学特性的影响[J]. 西南师范大学学报:自然科学版,2014,39(9):37-43.
- [5] 封晓辉,张秀梅,刘小京,等. 滨海重盐碱地人工栽植柃柳生长动态及生态效应[J]. 中国生态农业学报,2013,21(10):1233-1240.
- [6] 曹帮华,吴丽云,宋爱云,等. 滨海盐碱地刺槐(*Robinia pseudoacacia*)混交林土壤水盐动态[J]. 生态学报,2008,28(3):939-945.
- [7] 冯涛,于玮玮,李慧,等. 草木间作对滨海盐渍土盐分积累和酸碱度的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(9):339-341.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3版. 北京:中国农业出版社,2008:6.
- [9] 李小刚,曹靖,李凤民. 盐化及钠质化对土壤物理性质的影响[J]. 土壤通报,2004,35(1):64-72.
- [10] 房用,姜楠南,梁玉. 黄河三角洲盐碱地造林抑盐效应分析[J]. 林业科技开发,2009,23(3):15-19.