

塔里木盆地柽柳灌丛沙堆盐分分布特点研究

尹传华¹, 石秋梅², 梁飞^{1,3}, 田长彦¹

(1. 中国科学院 新疆生态与地理研究所 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 新疆 乌鲁木齐; 2. 新疆大学 生命科学与技术学院, 新疆 乌鲁木齐 830046; 3. 新疆农垦科学院 农田水利与土壤肥料研究所, 新疆 石河子 832000)

摘要: 为明确处于稳定阶段柽柳灌丛沙堆内土壤盐分的分布规律及其对环境可能产生的影响, 以塔里木盆地北缘洪积冲积扇末端为研究区, 分析了灌丛沙堆内与堆间地盐分的分布特征及其与柽柳灌丛凋落物年产量的关系。研究表明, 柽柳灌丛沙堆表层土壤(0—30 cm)盐分明显低于堆间地表层土壤盐分, 相关分析表明, 柽柳灌丛凋落物产量的增加是抑制盐分表聚的一个重要因素。而沙堆深层土壤(30—120 cm)盐分则明显高于堆间地相同深度的土壤盐分, 呈明显的富集状态, 即形成了明显的“盐岛”。盐岛内主要富集 K^+ , Na^+ , Cl^- 和 HCO_3^- 这 4 种离子, 其余离子(SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+})则呈均匀分布或随机分布。以上结果表明, 柽柳灌丛沙堆是土壤盐分局部汇集的小型盐分库, 它的演变趋势会对干旱区绿洲生态系统的稳定性产生潜在的影响。

关键词: 柽柳灌丛; 沙堆; 盐岛

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)03-0287-07

中图分类号: S157

Distribution Pattern of Soil Salinity in *Tamarix* Nebkhas in Tarim Basin

YIN Chuan-hua¹, SHI Qiu-mei², LIANG Fei^{1,3}, TIAN Chang-yan¹

(1. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumuqi, Xinjiang 830011, China; 2. College of Life Science and Technology, Xinjiang University, Urumuqi, Xinjiang 830046, China; 3. Institute of Farmland Hydrology and Soil Fertilizer, Shihezi Academy of Farms and Land Reclamation, Shihezi, Xinjiang 83200, China)

Abstract: The relationship between soil salinity in the top soil of nebkhas and annual litter-fall production of tamarisk shrub was analyzed to clarify the distribution of soil salinity patterns in and outside *Tamarix* nebkhas and their effects on oasis ecosystem. Results indicated that soil salinity in nebkhas surface soil (0—30 cm) was lower than in internebkhas. Annual litter production was found to be an important factor reducing soil salinity in surface soil beneath the canopy according to correlation analysis. In contrast, soil salinity enrichment was observed in deeper soil layer(30—120 cm) in the *Tamarix* nebkhas compared to internebkhas, which indicated the formation of salinity islands in nebkhas. K^+ , Na^+ , Cl^- and HCO_3^- were the four important ions enriched in resource islands. The other three ions (SO_4^{2-} , Ca^{2+} and Mg^{2+}) were distributed evenly or randomly in deeper soil. These results suggested that the *Tamarix* nebkhas gathered soil salinity from internebkhas spaces. The fate of *Tamarix* nebkhas will affect the stability of oasis ecosystem in the arid zone.

Keywords: *Tamarix* shrub; nebkhas; salinity island

灌丛沙堆是由于灌丛对沙尘、黏土、细土颗粒和盐结晶等风沉积物的拦截作用而在植株下及其周围堆积而形成的凸状风积生物地貌类型^[1]。灌丛沙堆主要分布于干旱、半干旱和半湿润荒漠地区的洪积扇前缘地带、沙漠的边缘和深入到沙漠中去的河流两岸、冲积平原、湖盆洼地及干三角洲或干河床沿岸地

带^[2]。灌丛沙堆的形成发育受气候变化和人类活动的影响较大, 同时它的出现又会对土地生产力、生态环境产生强烈的反作用^[1,3-5]。其中大的沙堆往往还具有水蚀地貌的特征^[6], 由于在地形上的优势, 相对四周洼地灌丛, 沙堆更易保存养分而不使其因地表径流而损失^[5]; 同时, 植物的反馈作用也会诱使沙堆内

收稿日期: 2012-05-18

修回日期: 2012-07-16

资助项目: 国家科技支撑计划课题“塔里木盆地西南缘盐渍化土壤改良技术集成与示范”(2009BAC54B02); 中国科学院“西部之光”博士专项“柽柳灌丛对绿洲荒漠过渡带土壤盐渍化的影响”(XBBS200802); 国家自然科学基金青年基金项目“塔里木盆地绿洲—荒漠过渡带柽柳生物积盐量化研究”(40701081)

作者简介: 尹传华(1976—), 男(汉族), 新疆米泉县人, 博士, 主要从事干旱区盐生植物—土壤相互作用研究。E-mail: yinchh@ms. xjb. ac. cn.

富集养分而形成肥岛^[7-10]。在新疆干旱区,柽柳沙堆广泛分布于塔里木盆地^[11-13]。研究表明柽柳能导致盐岛和肥岛的发生^[14-17]。但上述研究或未涉及到柽柳沙堆^[14-15],或者只研究了处于发育阶段的小型柽柳沙堆表层土壤养分、盐分的分布情况^[16-17],而缺乏对处于稳定阶段的较大柽柳沙堆盐分分布特征的研究,尤其是垂直分布特征的研究。尽管新疆干旱区柽柳灌丛盐岛负面效应已有报道^[17],但还未引起重视。作为绿洲和沙漠之间一道重要的生态屏障,灌丛沙堆最终的演化方向对于绿洲地区的生态环境稳定有着很大影响^[18]。而塔里木盆地当地政府与群众在水土开发过程中,仍会大量破坏柽柳沙堆以扩大耕地面积,从而引发了灌区盐渍化加重并在绿洲边缘形成新的沙源地,威胁到了绿洲生态系统的安全。因此,有必要认识柽柳沙堆盐分分布特征,以寻求合理的保护、利用手段。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于塔克拉玛干沙漠北缘的轮台县境内,地理坐标为 $83^{\circ}38'—85^{\circ}25'E$, $41^{\circ}05'—42^{\circ}32'N$,海拔在 920~1 000 m,处于塔里木河中游,年平均温度 $10.8^{\circ}C$,属大陆性干旱气候,年均降水量为 52 mm,降水的季节分配极不均匀,其中夏季降雨占全年降水量的 56%。

研究区地势北高南低,北抵天山南麓山前洪积扇前缘,南连塔里木河老冲积平原,地貌类型由洪积扇、冲积扇、冲积平原向沙漠过渡。不同地貌类型分布着不同的植被。洪积扇地表干旱,植被稀疏,以柽柳(*Tamarix* spp.)为优势种,伴生有少量骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)、枇杷柴(*Reaumuria soongorica*),柽柳灌丛体积大,冠下形成有处于稳定阶段的柽柳沙堆,高度一般约 2 m。山前冲积平原分为两部分,一部分是山前倾斜平原,主要受来自于天山山麓的季节性洪水的影响;另一部分是塔里木河泛滥平原,在历史上受塔里木河河道洪水泛滥的影响。整个山前冲积平原植被组成仍以柽柳灌丛(*Tamarix* spp.)为主,伴生有盐穗木(*Halostachys caspica*)、盐节木(*Halocnemum strobilaceum*)和骆驼刺(*Alhagi sparsifolia*)。其中,分布于山前倾斜平原的柽柳体积较大,灌丛高度一般在 2 m 以上,长势旺盛;而生长在塔里木河泛滥平原的柽柳灌丛体积较小,丛高一般在 1 m 左右。两处的柽柳灌丛下也有柽柳包形成,高度分别不超过 0.5 和 0.3 m。几十年来,人类活动对洪水的控制,致使冲积平原各部位的柽柳灌丛发生了不

同程度的衰退,特别是隶属于塔里木河泛滥平原的部分由于河流改道,植被严重退化,只是由于山前倾斜平原的洪水较大时才能偶尔获得的补给以维持植被的生存。

1.2 野外调查方法和试验设计

1.2.1 凋落物产量的调查 2008 年 11 月,在研究区内位于山前冲积扇建立代表性柽柳灌丛调查样方 4 个(样方位置为 $41^{\circ}47'N$, $83^{\circ}59'E$,海拔 975 m),样方大小为 $50\text{ m}\times 50\text{ m}$,并以 GPS 进行定位,记录每个样方的海拔、经纬度等。在每个样方内选取 4 丛茎粗、株高、冠幅接近,长势相似的柽柳灌丛,4 个样方共计 16 个灌丛。由于灌丛体积较大,在每丛柽柳冠下设置 5 个内径为 20 cm 的锥型凋落物收集器,16 丛共计 80 个。凋落物收集器按照不同的方向和柽柳包的走向与坡度,随机布设于柽柳冠下。收集器用孔径为 $0.2\text{ mm}\times 0.2\text{ mm}$ 的尼龙纤维作底,上部距地面 20 cm。于 2008 年 11 月放置于柽柳丛下,分别于 2009 年 1,3,5,8 和 11 月进行凋落物收集。

1.2.2 土壤样品的采集 取样时间为 2009 年 11 月,在每个样方内放置有凋落物收集器柽柳灌丛下,选取冠下沙堆内(柽柳基茎与灌丛边缘之间的中点)、堆间地(柽柳灌丛沙堆之间,无植被覆盖而且平坦的裸地)2 个部位,4 个深度(0—30,30—60,60—90 和 90—120 cm)采集土壤样品,在每个部位相同深度采集东、南、西、北 4 个方向土壤混合成 1 个样,放入封口袋和铝盒中。4 个样方共计 16 个灌丛沙堆,合计 128 个土壤样品。

1.3 测定指标和分析方法

1.3.1 凋落物产量的测定 将野外采集的凋落物风干后,带回实验室。在除去收集器内落入的昆虫残体、鸟粪和降尘后,装入纸袋并做好标记。最后放入烘箱, $70^{\circ}C$ 烘干至恒重后称量并记录。

1.3.2 土壤样品的处理与测定 土样自然风干后,磨碎,过 2 mm 筛,取过筛土壤按土水比 1:5 制备待测液,用蒸馏水按照水土 5:1 的比例浸提后,分别在电导仪(EC 215 型,意大利哈纳公司)和 pH 计(PH-2C 型,上海理达仪器制造厂生产)上测定土壤电导率和 pH 值,土壤水分用烘干法测定。 Na^{+} 和 K^{+} 用火焰光度计法; CO_3^{2-} , HCO_3^{-} , Cl^{-} , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , 和 Mg^{2+} 用土壤盐分常规滴定法^[19]。

1.4 数据处理与统计分析方法

柽柳凋落物的年产量用年凋落强度来衡量,即将单位面积 1 a 内每次灌丛下收集到的凋落物产量累加后得出的总和的平均值。

本研究用富集率,即柽柳灌丛内相对于灌丛外的盐分、pH 值和土壤水分含量的比值作为一个衡量指标来表征柽柳灌丛内盐岛效应的强弱以及对土壤水分含量变化的影响。

试验数据的统计和作图基于 Excel 2003 软件完成。

2 结果与分析

2.1 沙堆内外土壤盐分的空间分布特点

如表 1 所示,沙堆内 0—30 cm 的表层土壤电导率明显低于沙堆间相同深度的电导率,随深度增加,沙堆内土壤电导率逐渐高于堆间地,并且差异达到显著水平($p < 0.05$)。这表明相对于堆间地,柽柳灌丛沙堆表层(0—30 cm)土壤全盐的分布没有表现出斑块状的聚集状态,即未形成“盐岛”。但在深层土壤(30—120 cm),柽柳灌丛沙堆土壤盐分均呈现出富集的态势,出现了明显的“盐岛”现象。

在垂直方向上,沙堆内土壤电导率随着深度的增加呈现出递增的趋势,而堆间地土壤则呈随深度增加电导率逐渐下降的趋势。这表明堆间地土壤盐分易发生表聚,而灌丛沙堆内土壤的盐分易于在深层土壤聚集。

表 1 柽柳灌丛沙堆内外土壤水盐分布的变化

指标	深度/cm	沙堆内	堆间地	富集率(沙堆内/堆间地)
电导率/ ($\text{ms} \cdot \text{cm}^{-1}$)	0—30	11.1±0.7	16.6±0.9	0.7±0.1
	30—60	11.2±0.9	8.5±0.3	1.3±0.1
	60—90	11.2±0.9	8.1±0.5	1.5±0.2
	90—120	11.8±1.0	7.5±0.6	1.7±0.2
pH 值	0—30	8.4±0.0	8.4±0.1	1.0±0.0
	30—60	8.4±0.0	8.3±0.1	1.0±0.0
	60—90	8.3±0.0	8.3±0.1	1.0±0.0
	90—120	8.4±0.0	8.3±0.1	1.0±0.0
含水量/ %	0—30	1.5±0.1	6.3±0.3	0.2±0.0
	30—60	—	—	—
	60—90	—	—	—
	90—120	—	—	—

柽柳灌丛沙堆内外土壤 pH 值在水平方向和垂直方向上均没有明变化,沙堆内表层土壤的含水量则明显低于堆间地。这说明柽柳灌丛对沙堆土壤 pH 值没有明显影响,但显著降低了土壤的水分含量。

如图 1 所示, HCO_3^- 含量则自始至终均是沙堆内明显高于堆间地并且随深度增加其含量有下降的趋势。这说明 HCO_3^- 易于在柽柳灌丛沙堆内富集,特别是易于在在表层累积而不容易被淋洗(图 1a)。

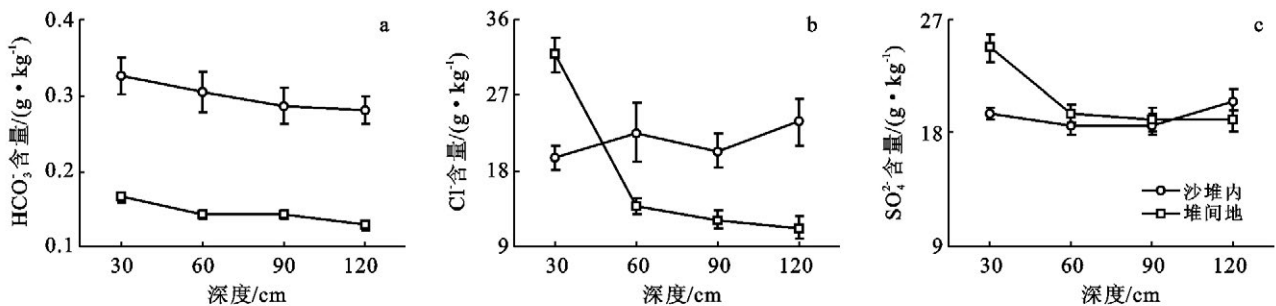


图 1 柽柳灌丛沙堆土壤阴离子垂直分布特点

与土壤电导率变化趋势类似,在水平方向上,沙堆内表层 0—30 cm 土壤 Cl^- 含量低于堆间地同样深度土壤 Cl^- 含量,而在其余 3 个深度均表现出明显高于堆间地的趋势;在垂直方向上,沙堆内土壤 Cl^- 含量随着深度的增加没有大的波动,而堆间地 Cl^- 含量则明显表现出随深度增加而减少的趋势(图 1b)。这反映了相对于堆间地,分布于柽柳灌丛沙堆土壤表层的 Cl^- 更容易损失,但深层土壤则保持了富集 Cl^- 的状态。

SO_4^{2-} 含量只在 0—30 cm 的表层土壤表现出堆间地明显高于沙堆内的趋势,在 30—120 cm 土层内沙堆内与堆间地的 SO_4^{2-} 含量没有明显差异;在垂直方向上,随着深度增加,沙堆内与堆间地土壤 SO_4^{2-} 含量没有明显的变化(图 1c)。这表明相对于堆间地,

柽柳灌丛沙堆内表层土壤的 SO_4^{2-} 更容易损失;同时,结果也表明, SO_4^{2-} 难以在柽柳灌丛沙堆内富集。

如图 2 所示,土壤 K^+ 变化与 HCO_3^- 类似,在水平方向上,沙堆内 K^+ 含量始终明显高于堆间地,而随着深度增加,沙堆内和堆间地的土壤 K^+ 含量均略有下降(图 2a)。这意味着 K^+ 更容易在沙堆内聚集,尤其是在沙堆表层。

Na^+ 含量变化趋势与 SO_4^{2-} 类似,在水平方向上只有表层(0—30 cm)表现出沙堆内明显低于堆间地的趋势,其余 3 个深度均表现出沙堆内高于堆间地的趋势;在垂直方向,沙堆内土壤 Na^+ 含量随深度增加没有明显变化,而堆间地则表现出从表层到 60 cm 深度 Na^+ 含量急剧下降,60—120 cm 则没有明显的下

降(图 2b)。这表明 Na^+ 不易在柽柳灌丛沙堆的表层土壤富集,而倾向在其深层土壤聚集。

从水平方向上看,在 0—30 和 30—60 cm 这 2 个土层的沙堆内土壤 Ca^{2+} 含量均表现出明显低于堆间地的趋势,而在 60—90 和 90—120 cm 这 2 个土层,沙堆内土壤和堆间地土壤的 Ca^{2+} 含量没有明显差异。从垂直方向看,沙堆与堆间地土壤 Ca^{2+} 含量随深度增加都呈现出略有下降的趋势,其中,堆间地下降的趋势更为明显(图 2c)。这说明在柽柳灌丛沙堆 0—60 cm 土壤的 Ca^{2+} 容易受到损失,而深层土壤

Ca^{2+} 含量则比较稳定。

Mg^{2+} 含量在水平方向上变化不明显,沙堆内与堆间地 4 个深度土壤的 Mg^{2+} 含量差异均不显著。这意味着柽柳灌丛沙堆没有明显的富集 Mg^{2+} 的倾向。在垂直方向上,沙堆内土壤 Mg^{2+} 含量呈小幅上下波动(即增加—降低—增加)的趋势;堆间地则表现出从表层 0—30 cm 到 30—60 cm 有较大的下降,而从 60—120 cm 则出现缓慢增加的趋势(图 2d)。这说明在垂直方向上,灌丛沙堆内土壤 Mg^{2+} 含量的比较稳定,而堆间地 Mg^{2+} 含量较易发生表聚。

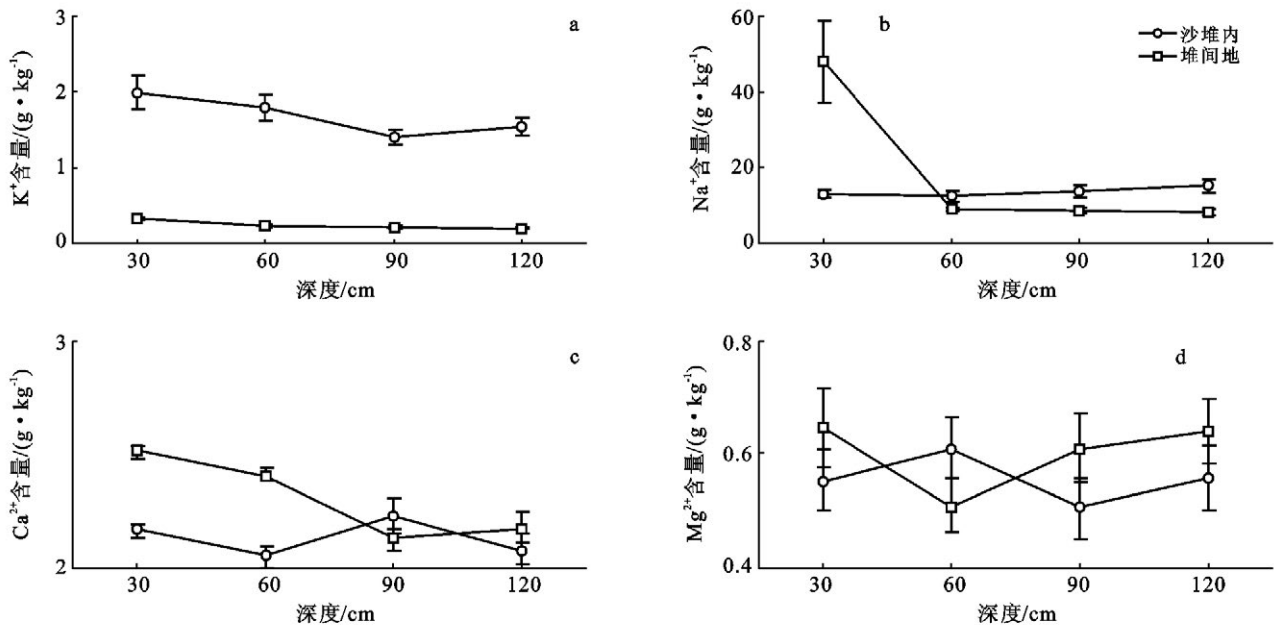


图 2 柽柳灌丛沙堆土壤阳离子垂直分布特点

2.2 柽柳灌丛沙堆盐分富集效应的比较

在 7 种盐分离子中,土壤 K^+ 的富集率在 6~8,明显高于其余 6 种离子,富集效应最明显;随着深度增加, K^+ 富集率表现出“增加—下降—增加”的趋势。在 0—30 cm 土层 Na^+ 的富集率在 0~1,而 30—120 cm 土层的 Na^+ 富集率在 1~3;随着深度增加 Na^+ 富集率表现出明显的增加趋势。 Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 富集率接近,均在 0.8~1.5,而且随着深度增加没有明显的变化。这些结果表明,在阳离子当中,柽柳灌丛沙堆富集 K^+ 能力最强,其次为 Na^+ ,而对 Ca^{2+} , Mg^{2+} 的富集效应则最为微弱。对 K^+ , Na^+ 而言,沙堆表层的富集水平要低于深层土壤, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 在沙堆不同深度土壤中的富集水平则相对比较稳定。

如图 3 所示,在阴离子中, HCO_3^- 富集率 1.8~2.5,表现出明显的富集效应;随着深度增加,也呈现出增加—下降—增加的趋势。土壤 Cl^- 富集率在 0.5~3 波动,并且随深度增加富集率明显增加。土壤 SO_4^{2-} 富集率在 0.7~1 波动,随深度增加,富集率稍

有增加。以上结果表明,土壤中的 HCO_3^- , Cl^- 更容易在柽柳灌丛沙堆中富集,特别是在沙堆深层,而在水平与垂直 2 个方向 SO_4^{2-} 的分布都很均匀,既难向沙堆中聚集,也不易在某个层次富集。

沙堆内外土壤电导率的比值在 0.6~2,随深度增加,比值有较为明显的增加趋势(表 1),与 K^+ , Na^+ , HCO_3^- 和 Cl^- 变化趋势类似。这表明土壤电导率的变化主要受这几种易于富集的离子影响。

2.3 柽柳灌丛凋落物产量对沙堆内土壤盐分含量的影响

如图 4 所示,柽柳灌丛凋落物产量与沙堆内 0—30 cm 土壤 SO_4^{2-} , Na^+ 和 Ca^{2+} 没有显著的相关性($p > 0.05$);而与沙堆内土壤电导率—($p < 0.05$), HCO_3^- ($p < 0.05$), Cl^- ($p < 0.05$), K^+ ($p < 0.01$) 和 Mg^{2+} ($p < 0.01$) 有着显著的负相关关系。这表明柽柳灌丛凋落物产量的大小对灌丛下沙堆表层土壤的 SO_4^{2-} , Na^+ 和 Ca^{2+} 含量没有明显的影响,而对总盐和 HCO_3^- , Cl^- , K^+ 和 Mg^{2+} 的表聚有明显的抑制作用。

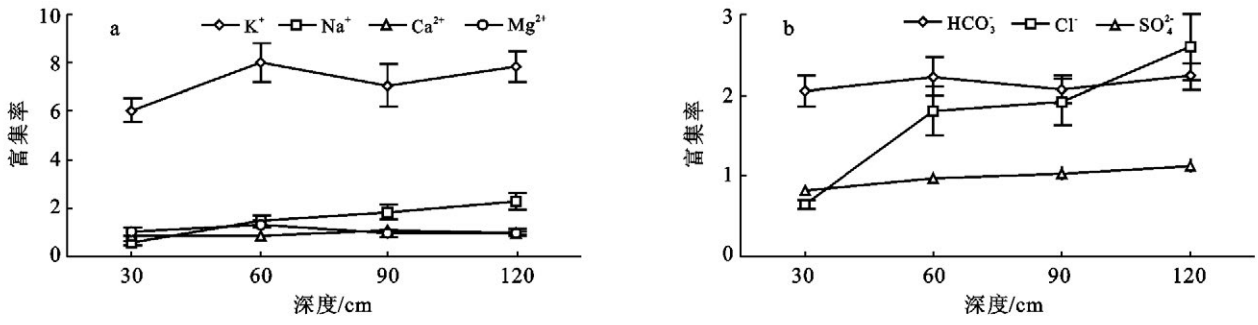


图 3 柽柳灌丛从沙堆不同深度土壤盐分富集效应的比较

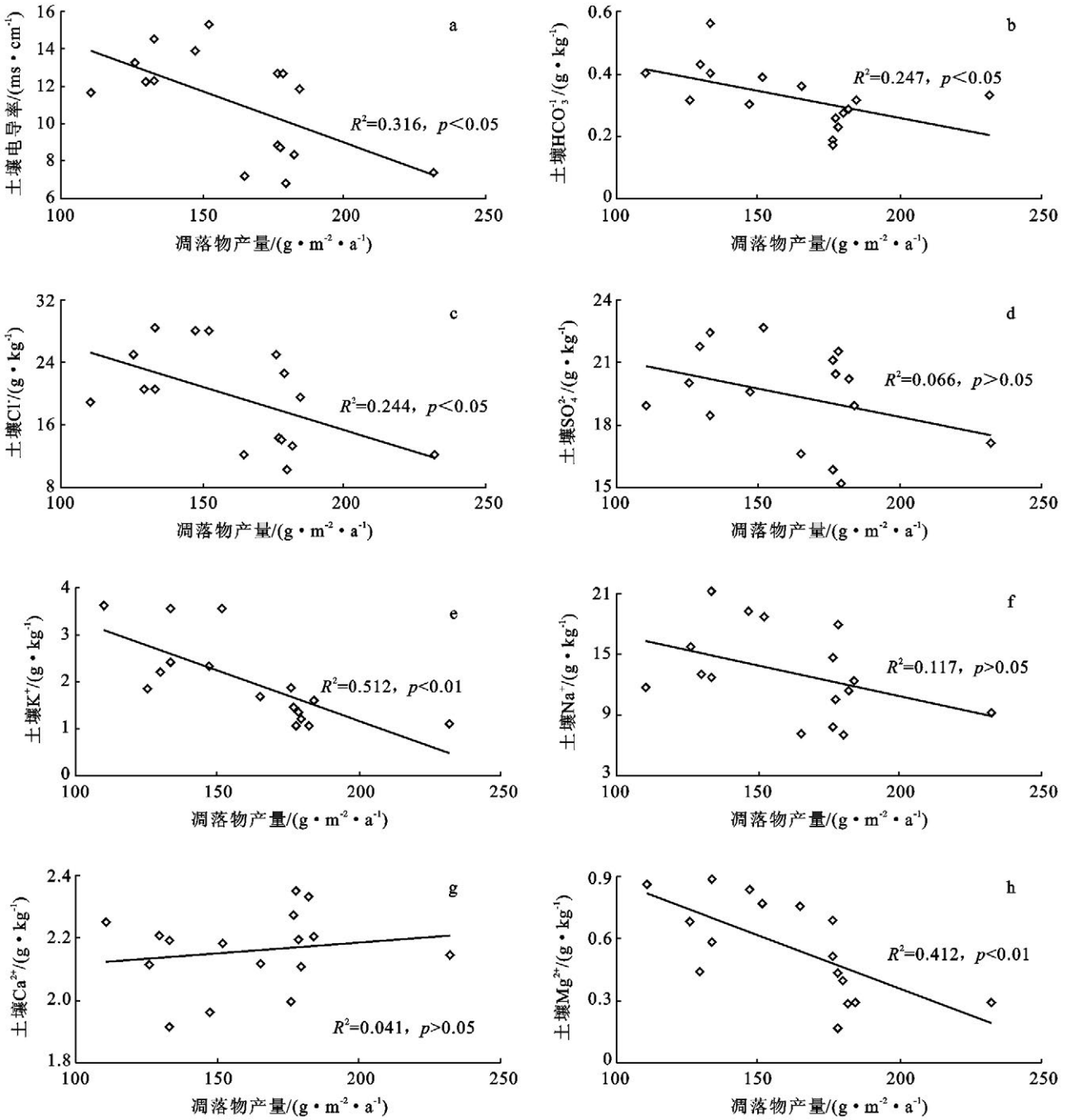


图 4 柽柳灌丛凋落物产量与沙堆内 0-30 cm 土壤盐分含量的相关关系

3 讨论

研究结果表明,在塔里木盆地北缘的洪积冲积扇末端的柽柳灌丛沙堆表层不易聚集盐分,而在沙堆内深层土壤盐分则呈富集状态,形成明显的“盐岛”(表 1,图 1—2)。这种土壤盐分的垂直分布特征与内蒙古草原—荒漠过渡带碱锦鸡儿沙堆内有机质和全 P 的垂直变化趋势类似^[10]。但大部分关于资源岛的研究表明,富集于资源岛中的养分以表层最高,随深度增加而递减^[7,20],与我们的研究结果相反。造成这种现象的原因可能在于凋落物的覆盖抑制了盐分的上移,特别是 Cl^- , K^+ , Na^+ 和 Mg^{2+} (图 4)。Farrell 等^[21]在澳大利亚西部的研究表明,盐生灌木下凋落物的累积可以显著降低土壤表层盐分的聚集,从而为其他非盐生类植物的定植创造出低盐的微环境。也有报道称柽柳可通过凋落物和有机酸分泌的方式达到增强土壤肥力,削弱灌丛下土壤盐渍化的效果^[14]。此外,柽柳沙堆被认为是风蚀沉积物和柽柳凋落物层在灌丛四周经过若干年的交替沉积发育而成^[13]。大多数具有清晰的“年层”结构,即风蚀沉积物与柽柳凋落物相互叠加而形成的层状结构,这种“年层”结构与树木的年轮一样具有计年和功能,可以作为衡量沙堆形成时间的指标之一,也能有效阻断毛管作用,减少盐分的表聚。所以,凋落物产量越高,凋落物层越厚,抑盐效果越明显(图 4)。另一个可能的原因是淋洗造成这几种离子的下移,从而富集于深层土壤。有研究表明灌丛茎干流的汇聚^[9]和灌丛下土壤较高的水分渗透率^[22]是资源岛形成的两种重要机制,这必然导致树冠下 Cl^- , Na^+ , K^+ 等移动性较强的可溶性离子发生淋洗。风蚀也是柽柳灌丛沙堆表层盐分难以富集的一个重要因素。研究区位于冲积洪积扇末端,处于整个山前倾斜平原的上部,属于风力较强的区域,而且研究区柽柳沙堆高度多在 2 m 以上,比堆间地更易遭受风蚀。有报道称处于稳定阶段的灌丛沙堆,当水分含量在 1% 以下时,其抗风蚀能力降低^[23]。

研究表明,沙堆表层土壤含水量明显低于堆间地表层土壤含水量(表 1),因此,灌丛沙堆抗风蚀能力要明显弱于堆间地。上述 3 种因素的共同作用导致了柽柳灌丛沙堆表层盐分低于堆间地,没有形成明显的“盐岛”效应。

8 种主要盐分离子中(CO_3^{2-} 含量为 0),只有 HCO_3^- , Cl^- , Na^+ , K^+ 在柽柳灌丛沙堆深层土壤中有明显的富集效应(图 1—2);而沙堆内深层土壤 SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} 与堆间地相同深度土壤没有明显区别,呈均匀或随机分布状态(图 1c, 2c, 2d)。

Schlesinger 等^[24]认为如果仅仅是生物作用在起作用,那么资源岛只积累对灌丛生长所必需的元素。而对于非必需元素,则只是依靠非生物作用(物理作用)随机分布于资源岛之外。而其试验结果也表明对灌木生长很重要的 N, P, K 主要集中在灌木冠下,而象 Na, Li, Rb, Sr 等非必需元素则多分布于灌丛间。由此推断,作为盐生植物, Cl^- , Na^+ , K^+ 盐离子可能是柽柳生长所需要的必需养分,而 SO_4^{2-} , Ca^{2+} , Mg^{2+} 则是非必需元素。Yaalon^[25]的研究认为资源岛内富集的非必需离子(如 Na, Cl)或非限制性元素如 SO_4^{2-} , Ca^{2+} 倾向于随深度增加而递增,但本研究所测定的 7 种离子并不符合这一规律。这表明盐生灌丛柽柳所形成的资源岛与其他非盐生植物形成的资源岛相比有其特殊性,具体原因需要进一步研究。而 HCO_3^- 的富集可能是因为灌丛沙堆土壤质地较黏, HCO_3^- 易于被吸附于土壤细颗粒中而不易损失^[4],同时, HCO_3^- 移动性差,因而表层土壤富集的 HCO_3^- 没有被淋洗和侵蚀。

尽管柽柳沙堆能形成资源岛而富集养分^[17-18],但鉴于柽柳灌丛沙堆深层土壤富集盐分的特征,也可以将其看作局部形成的一个较大的盐分库。尽管有利用灌丛沙堆内肥岛效应进行农业生产活动的报告^[5,8,26],但利用柽柳灌丛沙堆往往会对环境造成破坏。一方面,由于失去柽柳灌丛的保护,灌丛沙堆的解体将会导致风沙入侵的加剧。有报道称挖掉一个高 10 m 柽柳沙堆就相当于 80 m^3 的沙土失去控制而开始流动,相当于破坏了 2 hm^2 沙生植被^[27]。另一方面,柽柳灌丛沙堆内富集的盐分将会加重当地的土壤盐渍化,以至于形成顽固性盐斑。这种现象在塔里木盆地灌区水土开发过程普遍存在。因此,对于柽柳灌丛沙堆应当设法利用其肥岛效应,种植耐盐草本植物使其保持稳固,以防止其成为新的沙源,从而达到维持绿洲生态系统稳定性的目的。

4 结论

(1) 柽柳沙堆内的盐分主要富集于深层土壤(30—120 cm)而形成明显的盐岛。

(2) 盐岛中富集的离子以 K^+ , Na^+ , Cl^- 和 HCO_3^- 为主。

(3) 柽柳凋落物产量的增加明显抑制了盐分在沙堆表层的聚集。

[参 考 文 献]

- [1] Tengberg A. Nebkha dunes as indicators of wind erosion and land degradation in the Sahel zone of Burina Faso[J].

- Journal of Arid Environment, 1995,30(3):265-282.
- [2] 朱震达,陈广庭. 中国土地沙质荒漠化[M]. 北京:科学出版社,1994:24.
- [3] Tengberg A, Faso B. A comparative analysis of nebkhas in central Tunisia and Northern Burkina Faso[J]. Geomorphology, 1998,22(2):181-192.
- [4] Langford R P. Nabkhas(coppice dune) fields of south-central New Mexico, U. S. A[J]. Journal of Arid Environment, 2000,46(1):25-41.
- [5] Nickling W G, Wolfe A S. The morphology and origin of Nabkhas, region of Mopti, Mali, West Africa[J]. Journal of Arid Environment, 1994,28(1):13-30.
- [6] Abrahams A D, Parsons A J, Wainright J. Effect of vegetation change on interrill runoff and erosion, walnut gulch, southern Arizona[J]. Geomorphology, 1995,13(1/4):37-48.
- [7] Rostagno C M, del Valle H F, Videla L. The influence of shrubs on some chemical and physical properties of an arid soil in north-eastern Patagonia, Argentina [J]. Journal of Arid Environment, 1991,20(2):179-188.
- [8] Dougill A J, Thomas A D. Nebkha dunes in the Molopo Basin, South Africa and Botswana: formation controls and their validity as indicators of soil degradation [J]. Journal of Arid Environment, 2002,50(3):413-428.
- [9] Whitford W G, Anderson J, Rice P M. Stemflow contribution to the "fertile island" effect in creosote bush *larrea tridentate* [J]. Journal of Arid Environment, 1997,35(3):451-457.
- [10] Zhang Pujin, Yang Jie, Zhao Liqing, et al. Effect of *Caragana tibetica* nebkhas on sand entrapment and fertile islands in steppe-desert ecotones on the Inner Mongolia Plateau, China [J]. Plant Soil, 2011,347(1/2):79-90.
- [11] 穆桂金. 塔克拉玛干沙漠灌草丘的发育特征及环境意义[J]. 干旱区研究,1994,11(1):34-41.
- [12] 刘铭庭. 新疆柽柳属植物的研究及推广应用[J]. 中国沙漠,1996,16(4):428-429.
- [13] Qong M, Takamura H, Hudaberdi M. Formation and internal structure of tamarix cones in the taklamakan Desert[J]. Journal of Arid Environment, 2002,50(1):81-97.
- [14] Lesica P, DeLuca T H. Is tamarisk allelopathic? Plant Soil, 2004,267(1/2):357-365.
- [15] Ladenburger C G, Hild A L, Kazmer D J, et al. Soil salinity patterns in *Tamarix* invasions in the Bighorn Basin, Wyoming, USA [J]. Journal of Arid Environment, 2006,65(1):111-128.
- [16] 尹传华,冯固,田长彦,等. 塔克拉玛干沙漠边缘柽柳对土壤水盐分布的影响[J]. 中国环境科学,2007,27(5):670-675.
- [17] 尹传华,冯固,田长彦,等. 干旱区柽柳灌丛下土壤有机质、盐分的富集效应的研究[J]. 中国生态农业学报,2008,16(1):263-265.
- [18] 杜建会,严平,俄有浩. 甘肃民勤不同演化阶段白刺灌丛沙堆分布格局及特征[J]. 生态学杂志,2007,26(8):1165-1170.
- [19] 鲍士旦. 土壤农化分析法[M]. 北京:中国农业出版社,2000:117-137.
- [20] Li Xiaojun, Li Xinrong, Song Weimin, et al. Effects of crust and shrub patches on runoff, sedimentation, and related nutrient (C, N) redistribution in the desertified steppe zone of the Tengger Desert, Northern China [J]. Geomorphology, 2008,96(1/2):221-232.
- [21] Farrell C, Szota C, Richard J, et al. Microsite and litter cover effects on soil conditions and seedling recruitment in a saline agricultural system [J]. Plant Soil, 2011,348(1/2):397-409.
- [22] Rostagno C M. Infiltration and sediment production as affected by soil surface conditions in a shrubland of Patagonia, Argentina [J]. Journal of Range Management, 1989,42(5):382-385.
- [23] 移小勇,赵哈林,赵学勇,等. 不同风沙土含水量因子的抗风蚀性[J]. 土壤学报,2006,43(4):684-687.
- [24] Schlesinger W H, Raikes J A, Hartley A E, et al. On the spatial patterns of soil nutrients in desert ecosystems [J]. Ecology, 1996,77(2):364-374.
- [25] Yaallon D H. Downward movement and distribution of anions in soil profiles with limited wetting [M] // Hallsworth E D, Crawford D V. Experimental Pedology[M]. London: Butter Worth, 1965:157-164.
- [26] 岳兴玲,哈斯,庄燕美,等. 沙质草原灌丛沙堆研究综述[J]. 中国沙漠,2005,25(5):738-753.
- [27] 张忠孝. 生态大省“之第二节”严峻的生态问题及原因分析[M]// 青海地理. 北京:科学出版社,2009.