

盐碱地枸杞间作不同作物的土壤水盐变化及盐平衡

张玉龙, 姜同轩, 杨涛, 张风华

(石河子大学 新疆兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要: [目的] 研究盐碱地枸杞不同间作模式下土壤水盐的变化, 为盐碱地改良和利用提供一定科学依据。[方法] 设置枸杞间作苜蓿、枸杞间作油菜、枸杞间作碱蓬、枸杞单作 4 种处理, 分析不同间作模式下土壤水盐变化以及土壤盐平衡。[结果] 各处理土壤含水率, 在 0—60 cm 土层呈现出: 间作苜蓿 > 间作油菜 > 间作碱蓬 > 对照, 依次为 13.67%, 13.02%, 12.22%, 11.86%, 在 60—100 cm 土层变化不明显; 土壤盐分含量在 0—40 cm 土层中与对照相比, 间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬分别下降 6.91, 5.82, 2.21 g/kg, 在 40—100 cm 土层土壤盐分分别下降 3.20, 2.93, 0.95 g/kg; 0—100 cm 土层, 枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬及对照土壤脱盐率依次为 40.38%, 26.52%, 9.00%, -60.66%。除对照外, 其他处理的土壤盐分均呈脱盐状态。[结论] 盐碱地枸杞不同间作模式均能有效增加土壤含水率, 降低土壤盐分, 达到改良盐碱地的效果。

关键词: 干旱地区; 盐碱地; 间作模式; 水盐运移; 盐平衡

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2019)03-0046-05

中图分类号: S157.4⁺2, S156

文献参数: 张玉龙, 姜同轩, 杨涛, 等. 盐碱地枸杞间作不同作物的土壤水盐变化及盐平衡[J]. 水土保持通报, 2019, 39(3): 46-50. DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2019.03.008; Zhang Yulong, Jiang Tongxuan, Yang Tao, et al. Soil water and salt changes and salt balance in different crops of *Lycium chinense* intercropping in saline-alkali soil[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2019, 39(3): 46-50.

Soil Water and Salt Changes and Salt Balance in Different Crops of *Lycium Chinense* Intercropping in Saline-alkali Soil

Zhang Yulong, Jiang Tongxuan, Yang Tao, Zhang Fenghua

(Key Laboratory for Oasis Ecological Agriculture of Xinjiang

Construction Crops, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

Abstract: [Objective] The changes of soil water and salt under different intercropping patterns of *Lycium chinense* in saline-alkali soil were researched in order to provide scientific basis for the improvement and utilization of saline-alkali land. [Methods] Four treatments of *L. chinense* intercropping with *Medicago sativa*, *Brassica napus*, *Suaeda glauca* and *L. chinense* monoculture were set up to analyze soil water and salt changes and soil salt balance under different intercropping modes. [Results] The soil moisture content of each treatment in the 0—60 cm soil layer showed that the intercropping *M. sativa* (13.67%) > intercropping *B. napus* (13.02%) > intercropping *S. glauca* (12.22%) > control (11.86%), and it was not obvious in the 60—100 cm soil layer. Compared with the control, the soil salinity of intercropping *M. sativa*, intercropping *B. napus* and intercropping *S. glauca* decreased by 6.91, 5.82 and 2.21 g/kg in the 0—40 cm soil layer, respectively. Soil desalination rates of intercropping *M. sativa*, intercropping *B. napus* and intercropping *S. glauca* and CK were 40.38%, 26.52%, 9.00% and -60.66% in 0—100 cm soil layer, respectively. Except for control, the soil of other treatments was all desalinated. [Conclusion] Different intercropping patterns of saline-alkali mantle can effectively increase soil water content, reduce soil salinity, and improve saline-alkali land.

Keywords: drought area; saline-alkali soil; intercropping pattern; soil water and salt movement; salt balance

收稿日期: 2018-12-06

修回日期: 2019-01-14

资助项目: 国家重点研发计划课题“玛纳斯节水农田治理模式及棉花林果产业示范”(2016YFC0501406); 兵团科技攻关与成果转化项目“绿洲盐渍化土壤生态修复关键技术与示范”(2016AD022)

第一作者: 张玉龙(1996—), 男(汉族), 河南省虞城县人, 硕士研究生, 研究方向为农业生态环境。E-mail: zylshzu@126.com。

通讯作者: 张风华(1970—), 女(汉族), 山东省邹县人, 教授, 博士生导师, 主要从事干旱区资源与环境研究。E-mail: zfh2000@126.com。

中国盐碱土壤分布广,面积大。新疆是中国干旱、盐碱化土壤面积分布较广,土壤积盐较重的地区^[1],盐碱土总面积为 $2.18 \times 10^7 \text{ hm}^2$,占全国盐碱土($9.91 \times 10^7 \text{ hm}^2$)面积的22.01%^[2]。对盐渍土的开垦及盐渍化耕地的改良一直是农业生产发展的重要环节^[3]。目前,新疆地区盐碱地改良主要应用于水利措施、物理措施和化学措施^[4-5]。水利措施和物理措施虽然成效快,但工程量大,成本高,不具有长久性,而且受水资源的限制,不易推广;化学措施虽然效果较好,但若使用不当,易对环境造成二次污染^[1],且施用改良剂后需要大量的水冲洗,应用起来较困难且经济成本昂贵。生物措施作为成本低,效率高,还有助于生态环境的可持续性的改良措施,在盐碱改良具有较大的潜力^[6-7]。

已有相关研究报道,盐生植物对土壤盐分具有明显的吸收积累作用^[8-9],对盐碱地具有明显改良作用^[10-12]。季洪亮^[13]通过滨海盐碱地生态修复效果评价认为,种植盐生植物可以改良盐碱地,且对盐碱地生态修复影响效果显著。Egamberdieva等^[14]利用甘草修复盐渍土发现其能提高土壤氮素含量,增加土壤有机质,刺激土壤生物活性,提高土壤持水能力。吕昕培等^[15]在内蒙古科尔沁草原上进行不同植物生境土壤盐分特征研究表明,经碱蓬改良后的土壤,其pH,电导率, Na^+ 和 Ca^{2+} 含量均有显著的降低,对盐碱地的改良十分有效。肖克飏等^[16]研究发现种植柽柳、苇状羊茅、油葵能有效降低土壤全盐含量,改善土壤肥力水平,增加土壤微生物含量。林学政等^[17]研究表明碱蓬对滨海盐碱有明显脱盐效果,能有效改善滨海盐碱地的生态环境。王静^[18]研究发现种植不同牧草可以降低土壤盐分,提高土壤持水性和土壤肥力。枸杞虽然作为盐碱地改良的先锋物种,但生长较慢,覆盖面积小,枸杞间作不同作物种植,充分发挥生物改良盐碱地的优势,有助于解决盐碱地改良问题,同时提高土壤利用率和经济效益。王升等^[19],何子建等^[20]研究指出膜下滴灌棉田间作盐生植物不仅可以有效降低土壤含盐量,增加其含水率,还可以增加棉花产量和提高其水分利用效率。基于此,本文拟通过对盐碱地枸杞间作苜蓿、油菜、碱蓬模式下土壤水盐变化及盐平衡分析,研究盐碱地枸杞不同间作模式下土壤水盐变化规律及土壤脱盐效果,以期为盐碱地改良和利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

试验选取新疆维吾尔自治区沙湾县境内安集海垦区中心腹地野地镇,地理位置处于东经 $85^{\circ}27'$,

北纬 $44^{\circ}40'$,海拔345 m。地处北温带干旱地区,属典型大陆性气候,夏季炎热,冬季寒冷,光热资源丰富,年积温高,昼夜温差大,年平均气温 6.56°C ,年均降水量141.8 mm,年均蒸发量1 826.2 mm,历年无霜期平均162 d。该区域盐碱化现象严重,盐分含量在 $18.3 \sim 24.7 \text{ g/kg}$,土壤质地多系盐碱土、沙壤土;土壤盐分分布有明显的表聚性,盐分类型主要以氯化物盐,硫酸盐—氯化物型为主,有少量的苏打盐土。

1.2 试验设计与样品采集

试验采用单因素随机区组设计,设置4个处理:枸杞间作苜蓿、枸杞间作油菜、枸杞间作碱蓬、黑果枸杞单作(对照),3次重复,共12个试验小区,小区面积 $5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 。供试苜蓿为紫花苜蓿,油菜为甘蓝型油菜,碱蓬为碱地碱蓬,黑果枸杞为新疆黑果枸杞。试验土样的采集时间分别于2018年4月14号、6月3号、7月3号、7月25号,各处理每次取样的位置分别为间作苜蓿行间、间作油菜行间、间作碱蓬行间及枸杞单作行间(对照),对各小区0—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm土壤样品采集,每个小区3个样点,相同取样深度混合土样采用“四分法”,保留1 kg。土壤样品带回实验室,置于通风、阴凉、干燥的室内风干,分别过1 mm和0.25 mm筛孔以供进行含水率和盐分的测定,以及2018年4月14号、7月25号土壤中 Na^+ 和 Cl^- 的含量的测定。

1.3 分析方法

水分含量测定土样在 $105 \sim 110^{\circ}\text{C}$ 的烘箱中烘至恒重;盐分含量测定采用残渣烘干—质量法; Na^+ 含量测定采用火焰光度法; Cl^- 含量测定采用离子色谱仪。

1.4 数据分析与制图

采用Microsoft Office Excel 2007进行数据分析,采用SPSS 17.0.1软件进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同间作模式下土壤含水率的变化

本研究采用土壤平均含水率,指在各处理不同时间点同水平位置取样点相同土层深度处的含水率的算术平均值。图1显示盐碱地枸杞不同间作模式在生长期土壤平均含水率,在0—100 cm土层,枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬土壤平均含水率均随土层深度增加而增加,且高于对照。各处理0—60 cm土层含水率大小呈现出:间作苜蓿>间作油菜>间作碱蓬>对照,依次为13.67%,13.02%,12.22%,11.86%,且同一深度土层含水率呈显著性差异($p < 0.05$);各处理60—100 cm土层含水率大小呈现出:间作油菜>对照>间作碱蓬>间作苜蓿,依次为18.47%,18.34%,18.23%,17.87%。

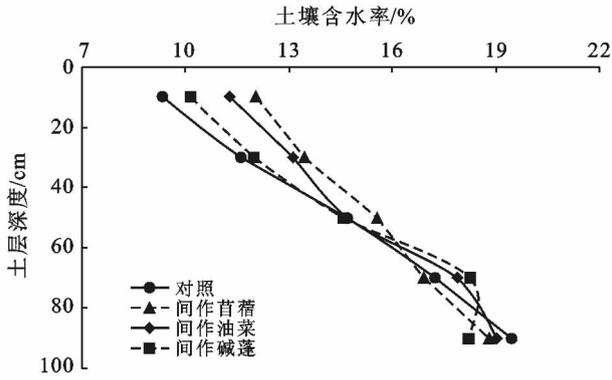


图 1 枸杞间作模式下土壤平均含水率的变化特征

2.2 土壤平均含盐量分布

图 2 为间作耐盐植物不同时间内土壤平均含盐量剖面分布情况,各个处理下土壤盐分分布变化趋势不一,各处理间差异显著 ($p < 0.05$),在 0—100 cm 土壤含盐量呈现出对照 > 间作碱蓬 > 间作油菜 > 间作苜蓿,依次为 27.29, 25.83, 23.20, 22.60 g/kg,这与含水量情况稍有不同。各处理在 0—40 cm 土层中土壤盐分含量下降较为显著,其中间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬比对照分别下降 6.91, 5.82, 2.21 g/kg;在 40—100 cm 土层中盐分含量,间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬比对照分别下降 3.20, 2.93, 0.95 g/kg。间作耐盐植物能有效降土壤盐分的含量,且间作苜蓿与间作油菜的效果相对较好。

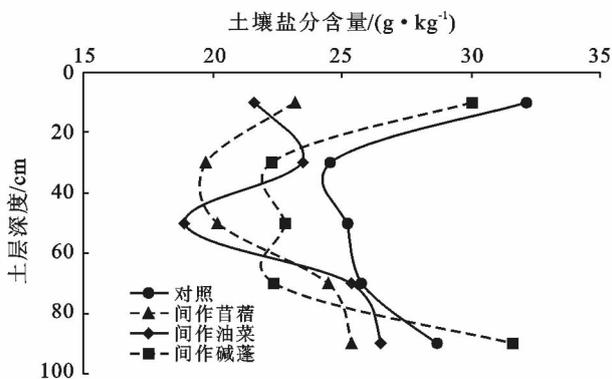


图 2 枸杞间作模式下土壤盐分变化特征

2.3 不同间作模式下土壤盐平衡分析

为了进一步说明盐碱地枸杞不同间作模式下的脱盐情况,对各处理进行盐平衡分析。表 1 表明盐碱地枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬、对照脱盐率依次为 40.38%, 26.52%, 9.00%, -60.66%,即除对照外,其他处理的土壤盐分均呈脱盐状态。与对照相比,各处理相对脱盐率均大于 0,即各处理相对于对照均呈脱盐状态,依次为间作苜蓿 > 间作油菜 > 间作碱蓬。

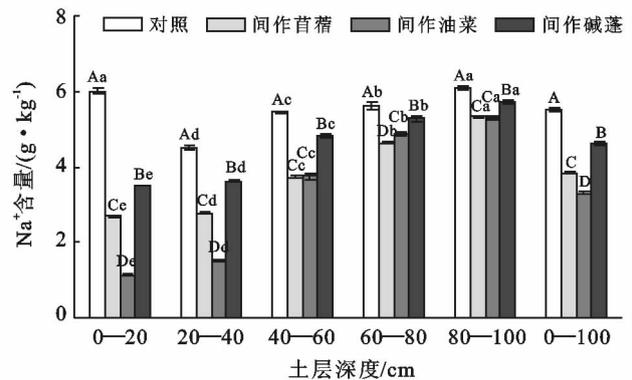
表 1 0—60 cm 土层脱盐效果

处理	含盐量/(g·kg)			脱盐率/%	相对脱盐率
	初始	收获期	变化量		
间作苜蓿	15.61	9.31	6.30	40.38 ^a	166.57
间作油菜	15.61	11.47	4.14	26.52 ^b	143.72
间作碱蓬	15.61	14.20	1.41	9.00 ^c	114.84
对照	15.61	25.08	-9.47	-60.66 ^d	

注:同列序号后小写字母不同表示差异显著 ($p < 0.05$)。下同。

2.4 间作模式下土壤 Na^+ 和 Cl^- 含量变化

图 3 表明各处理土壤 Na^+ 含量变化情况,枸杞不同间作模式下土壤中 Na^+ 含量随土层加深而增加,且各土层均显著低于对照;而对照在整个土层中则表现为先降低后增加的趋势。在 0—100 cm 土层中,枸杞不同间作模式土壤 Na^+ 含量较对照呈显著下降,下降幅度为间作油菜 > 间作苜蓿 > 间作碱蓬,依次下降为 2.22, 1.70, 0.94 g/kg。枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬在 0—20, 20—40 cm 土层中 Na^+ 含量较对照下降幅度较大,依次下降为 3.29, 4.85, 2.50 g/kg 和 1.75, 3.03, 0.90 g/kg;在 40—100 cm 土层中 Na^+ 含量较对照下降依次为 1.15, 1.08, 0.43 g/kg;枸杞间作耐盐植物对 0—40 cm 土层 Na^+ 含量有明显降低作用。



注:不同小写字母表示同一植被不同土层处理差异显著 ($p < 0.05$),不同大写字母表示同一土层不同植被差异显著 ($p < 0.05$)。下同。

图 3 枸杞间作模式下各土层 Na^+ 含量变化特征

由图 4 可知,0—100 cm 土层中,不同处理土壤 Cl^- 含量呈现随土层加深而增加的趋势,且各土层均与对照差异显著;而对照在整个土层中则表现为先降低后增加的趋势,这与 Na^+ 含量变化一致。枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬以及对照在 0—100 cm 土层中 Cl^- 含量差异显著,总体表现为对照 > 间作苜蓿 > 间作油菜 > 间作碱蓬,含量依次为 5.15, 3.87, 3.09, 2.72 g/kg。枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬在 0—20, 20—40 cm 土层中 Cl^- 含量相比较对照

下降幅度较大,依次下降为 3.62,5.31,4.95 g/kg 和 2.05,3.35,3.24 g/kg;各处理土壤中 Cl^- 含量在 40—100 cm 各土层中 Cl^- 含量变化趋势不一。

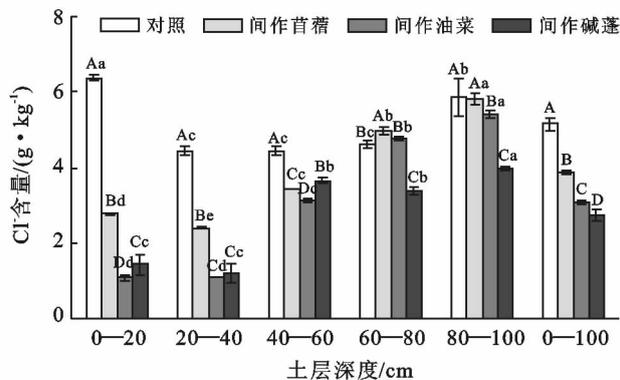


图4 枸杞间作模式下各土层 Cl^- 含量变化特征

土壤中 NaCl 含量过高时会对植物的生长发育产生不利影响。表2为0—100 cm 土层枸杞间作种植前后 Na^+ 和 Cl^- 变化情况。枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬以及单作枸杞与种植前相比,土壤中 Na^+ 含量分别下降 24.24%,34.60%,8.94% 和 -8.86%,均呈显著水平。 Cl^- 在 0—100 cm 土层变化情况与 Na^+ 不同,土层中 Cl^- 含量均有所减小,下降率从大到小依次为间作碱蓬>间作油菜>间作苜蓿>对照,其中碱蓬的下降率是对照的 1.5 倍。可见,间作耐盐植物能够有效改善 0—100 cm 土层 Na^+ 和 Cl^- 的累积分布情况,减少其对作物的毒害。

表2 0—100 cm 土层 Na^+ 和 Cl^- 变化情况

处理	Na^+ 含量/(g·kg ⁻¹)			下降/%
	初始	收获期	变化量	
间作苜蓿	5.06	3.83	1.23	24.24 ^b
间作油菜	5.06	3.31	1.75	34.60 ^a
间作碱蓬	5.06	4.60	0.45	8.94 ^c
对照	5.06	5.50	-0.45	-8.86 ^d

处理	Cl^- 含量/(g·kg ⁻¹)			下降/%
	初始	收获期	变化量	
间作苜蓿	6.73	3.87	2.86	42.45 ^c
间作油菜	6.73	3.09	3.64	54.08 ^b
间作碱蓬	6.73	2.72	4.01	59.56 ^a
对照	6.73	5.15	1.58	23.51 ^d

3 讨论

土壤盐渍化问题已经严重威胁干旱区农业的发展,如何改良和利用盐碱地是当前面临的一个难题;种植耐盐植物虽然能有效改良盐碱地^[21],但其经济价值较低。本文通过对盐碱地枸杞间作不同作物的研究,表明盐碱地枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬、和黑果枸杞单作能有效增加土壤含水率;这与祁

通等^[22],董积忠等^[23]研究结果一致。间作耐盐植物生长至旺盛基本可将行间土壤表面完全覆盖,不仅降雨时可以增加表层土壤洗盐,晴天时也可以很好地充当水汽蒸发的屏障,减少水分的蒸发,而之后植株自然成熟时叶片自然脱落至地面也可以起到一定的覆盖作用,进而减缓盐分的表聚现象。

本研究表明盐碱地枸杞不同间作模式对 0—40 cm 土层有明显的脱盐的效果,在 60—100 cm 土层中有盐分富集现象。种植耐盐植物可以有效的促进土壤耕层含盐量的下降,一方面由于作物根系的扎入破坏了土壤原有的结构,增加了土壤的通透性;另一方面,在种植过程中,根系在吸收土体中的水分与养分的过程中,也吸收了一部分盐分,储存在植株体内,或者随特殊腺组织泌出体外^[24]。枸杞单作、间作油菜、间作碱蓬能显著改善土壤水盐环境^[25-26],从改良效果来看间作苜蓿相对较好。由于苜蓿细根根长密度与 HCO_3^- 呈正相关关系, HCO_3^- 随根长密度增大而增大,土壤中 HCO_3^- 可减缓 K^+ , Na^+ , Cl^- 的增加,使作物土壤达到降盐效果^[27];生长后期苜蓿根系占比增大,根系分布密集,有效地抑制盐分在土壤表面的聚集,造成盐分在耕作层滞留相对较少。间作苜蓿不但可以改良利用大面积盐碱地,而且可以减缓饲料的短缺问题,促进新疆畜牧业的发展。

在赵振勇等^[28]人研究中,种植盐生植物能有效的从土壤中吸收并带走土壤中盐分,从而改良土壤结构,改善农田小气候,解决土壤盐渍化问题。本研究表明,在 0—100 cm 土层各处理土壤中 Na^+ 含量依次为间作油菜>间作苜蓿>间作碱蓬>对照;土壤中 Cl^- 为间作碱蓬>间作油菜>间作苜蓿>对照;各处理 Na^+ , Cl^- 含量较对照均有不同程度的下降,减少了对作物离子毒害作用。土壤中 Na^+ , Cl^- 含量的下降,与各作物的生理特性相关,盐胁迫下各作物代谢物对土壤盐碱的影响^[29],以及不同作物下土壤微生物对土壤盐分整合、吞噬的作用不同^[30],也会造成土壤中盐分差异,这都需要对相关机理进行更深入的研究。

4 结论

(1) 枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬均可以减少地面蒸发量,增加土壤含水率;其中,在 0—60 cm 土层含水率呈现间作苜蓿>间作油菜>间作碱蓬>对照,依次为 13.67%,13.02%,12.22%,11.86%。

(2) 枸杞不同间作模式均有效抑制盐分的垂向运移,降低盐分在作物根系层的积累程度;0—20 cm 土层,间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬土壤中 Na^+ 和

Cl⁻ 含量比对照分别降低了 3.29, 4.85, 2.50 g/kg 和 3.62, 5.31, 4.95 g/kg。

(3) 除对照外, 枸杞间作苜蓿、间作油菜、间作碱蓬均呈脱盐状态, 脱盐效果为间作苜蓿 > 间作油菜 > 间作碱蓬 > 对照, 脱盐率依次为 40.38%, 26.52%, 9.00%, -60.66%。

[参 考 文 献]

- [1] 胡明芳, 田长彦, 赵振勇. 新疆盐碱地成因及改良措施研究进展[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(10): 111-117.
- [2] 罗廷彬, 任崑, 谢春虹. 新疆盐碱地生物改良的必要性与可行性[J]. 干旱区研究, 2001, 18(1): 46-48.
- [3] 董新光, 邓铭江, 周金龙, 等. 论新疆平原灌区土壤盐碱化与水资源开发[J]. 灌溉排水学报, 2005, 24(5): 14-17.
- [4] 张克强, 白成云, 马宏斌, 等. 大同盆地金沙滩盐碱地综合治理技术开发研究[J]. 农业工程学报, 2005, 21(13): 136-141.
- [5] Alkaraki G N, Alomoush M. Wheat response to phosphogypsum and mycorrhizal fungi in alkaline soil[J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 25(4): 873-883.
- [6] 祁通, 孙九胜, 刘易, 等. 滴灌条件下不同盐生植物对盐渍化土壤的脱盐效果研究[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(12): 2309-2314.
- [7] Alam A, Sharma V. Potential of glycophytes and halophytes in phytoremediation of salt and metal contaminated soils: A review[J]. Current Environmental Engineering, 2017, 4(1): 53-65.
- [8] Fountoulakis M S, Sabathianakis G, Kritsotakis I, et al. Halophytes as vertical-flow constructed wetland vegetation for domestic wastewater treatment[J]. Science of the Total Environment, 2017, 583: 432-439.
- [9] Bhuiyan M S I, Raman A, Hodgkins D, et al. Influence of high levels of Na⁺ and Cl⁻ on ion concentration, growth, and photosynthetic performance of three salt-tolerant plants [J]. Flora-Morphology Distribution Functional Ecology of Plants, 2017, 228: 1-9.
- [10] 任崑, 罗廷彬, 王宝军, 等. 新疆生物改良盐碱地效益研究[J]. 干旱地区农业研究, 2004, 22(4): 211-214.
- [11] Zhao Kefu, Fan Hai, Jiang Xingyu, et al. Improvement and utilization of saline soil by planting halophytes[J]. Chinese Journal of Applied & Environmental Biology, 2002, 8(1): 31-35.
- [12] Hasanuzzaman M, Nahar K, Alam M, et al. Potential use of halophytes to remediate saline soils[J]. BioMed research international, 2014(10): 1-12.
- [13] 季洪亮. 滨海盐碱地生态修复效果评价[J]. 西北林学院学报, 2017, 32(2): 301-307.
- [14] Egamberdieva D, Mamedov N A. Potential use of lico-
- rice in phytoremediation of salt affected soils[M]// Öztürk M, Ashraf M, Aksoy A, et al. Plants, Pollutants and Remediation. Netherlands: Springer, 2015: 309-318.
- [15] 吕昕培, 张吉平, 李永生, 等. 内蒙古科尔沁草原不同植物生境土壤盐分特征研究[J]. 草地学报, 2017, 25(4): 749-755.
- [16] 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, 2012, 31(12): 2433-2440.
- [17] 林学政, 沈继红, 刘克斋, 等. 种植盐地碱蓬修复滨海盐渍土效果的研究[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(1): 65-69.
- [18] 王静. 不同牧草品种及轮作方式改良盐碱地效果与机理研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2018.
- [19] 王升, 王全九, 周蓓蓓, 等. 膜下滴灌棉田间作盐生植物改良盐碱地效果[J]. 草业学报, 2014, 23(3): 362-367.
- [20] 何子建, 史文娟, 杨军强. 膜下滴灌间作盐生植物棉田水盐运移特征及脱盐效果[J]. 农业工程学报, 2017, 33(23): 129-138.
- [21] 梁飞, 田长彦, 田明明, 等. 追施氮肥对盐地碱蓬生长及其改良盐渍土效果研究[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 234-240.
- [22] 祁通, 孙阳讯, 黄建, 等. 两种盐生植物在南北疆地区的适生性及吸盐能力[J]. 中国土壤与肥料, 2017(1): 144-148.
- [23] 董积忠, 尹传华, 王海孝, 等. 两种盐生植物生物移盐能力及土壤改良效果比较[J]. 新疆农业科学, 2014, 51(1): 124-128.
- [24] 单娜娜, 赖波, 杨志莹, 等. 准噶尔盆地西北缘不同盐生植物种植后土壤盐分变化研究[J]. 新疆农业科学, 2016, 53(12): 2314-2320.
- [25] 张蛟. 种植碱蓬和秸秆覆盖对沿海滩涂极重度盐土盐分动态与脱盐效果的影响[J]. 应用生态学报, 2018, 29(5): 1686-1694.
- [26] 张体彬, 展小云, 康跃虎, 等. 浅层填沙滴灌种植枸杞改良龟裂碱土重度盐碱荒地研究[J]. 农业机械学报, 2016, 47(10): 139-149.
- [27] 侯晨丽, 田德龙, 徐冰, 等. 含盐土壤不同作物根系分布对水盐分布的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2018, 36(10): 1059-1064.
- [28] 赵振勇, 李中邵, 张福海, 等. 盐生植物种植对克拉玛依农业开发区盐分平衡的影响[J]. 水土保持通报, 2013, 33(4): 211-215.
- [29] 麻莹, 王晓苹, 姜海波, 等. 盐碱胁迫下碱地肤体内的有机酸积累及其草酸代谢特点[J]. 草业学报, 2017, 26(7): 158-165.
- [30] 张桂玲. 施用中度嗜盐菌盐碱地棉田细菌群落结构研究[D]. 新疆石河子: 石河子大学, 2010.