

不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子含量的影响

杜艺^{1,2,3,4}, 张玉林^{1,2,3,5}, 柴旭田^{1,2,3,4}, 马兴羽^{1,2,3,4}, 李向义^{1,2,3}, 鲁艳^{1,2,3},

张志浩^{1,2,3*}, 曾凡江^{1,2,3,4,5**}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆荒漠植物根系生态与植被修复重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830011; 2. 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 830011; 3. 新疆策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 新疆 策勒 848300; 4. 中国科学院大学, 北京 100049; 5. 新疆大学生态与环境学院, 新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:【目的】探究不同刈割时间对南北疆油莎豆(*Cyperus esculentus*)根际土壤养分和盐基离子的影响。【方法】2021年5月15日在南疆莎车县北疆阜康市种植油莎豆, 分别于播种后第78、91、106和124天采集油莎豆根际土壤样品进行养分和盐基离子分析测定。【结果】采样点和刈割时间显著影响了油莎豆根际土壤的pH($P < 0.05$); 采样点和刈割时间的交互作用显著影响了油莎豆根际土壤的pH、全氮、全磷和全钾含量($P < 0.05$), 对油莎豆根际土壤的离子含量均没有显著影响。北疆油莎豆根际土壤的全氮、全钾、速效磷和速效钾含量显著高于南疆($P < 0.05$), 但北疆的阳离子(钠离子、钾离子、钙离子和镁离子)含量显著低于南疆($P < 0.05$)。在北疆地区, 油莎豆根际土壤的pH与速效钾和氯离子含量呈显著负相关关系($P < 0.05$), 与碳酸氢根离子含量呈显著正相关关系($P < 0.05$)。在南疆地区, 油莎豆根际土壤的pH与速效钾含量呈显著负相关关系($P < 0.05$), 与氯离子和钠离子含量呈正相关关系。【结论】刈割改变了南北疆种植油莎豆根际土壤全钾、速效钾和速效磷含量及pH值, 改变了北疆油莎豆根际土壤氯离子含量, 但刈割时间和采样点(北疆)的交互作用对土壤全氮和全磷的影响最大, 为实际生产中在新疆区域推广种植油莎豆提供理论依据。

关键词: 刈割时间; 根际土; 土壤养分; 盐基离子

中图分类号: S565.9 文献标志码: A 文章编号: 1009-5500(2024)01-0113-09

DOI: 10.13817/j.cnki.cycp.2024.01.013



油莎豆(*Cyperus esculentus*)别名虎坚果, 是莎草科(Cyperaceae)莎草属(*Cyperus*)一年生草本植物^[1]。

它具有耐旱、耐涝、耐贫瘠等特点, 尤以疏松的沙质土壤种植为佳^[2]。目前已有学者从种植方式(间作、连作和轮作)^[3-5]、种植行距^[6]和灌溉高产管理模式^[7], 以及盐碱胁迫^[8]、肥料利用效率及光合效率^[9]、外源添加剂^[10]、水分^[11]、植物生长调节剂和温度^[12]等方面对油莎豆萌发、生长、生理、产量、碳氮积累^[13]等指标做了大量研究。国内外学者对油莎豆在块茎中的利用价值进行了研究, 发现块茎的淀粉、优质蛋白、脂肪、生物碱等功能活性成分非常高, 综合利用价值较高^[14]。刈割是我国北方草地的主要利用方式之一, 刈割会导致植物发生补偿生长^[15], 刺激植物根系碳水化合物分泌^[16], 影响植物体光合同化碳素运移分配及群落碳

收稿日期: 2022-12-12; 修回日期: 2023-04-04

基金项目: 新疆维吾尔自治区重点研发计划(2022B02040-1); 国家重点研发计划(2019YFC0507603)

作者简介: 杜艺(1995-), 女, 山西夏县人, 博士研究生。

E-mail: duyil996002001@163.com

张玉林(1991-), 男, 山西岚县人, 博士研究生。

E-mail: zhangyl20201051213@163.com

*通信作者。Email: zhangzh@ms.xjb.ac.cn

**通信作者 E-mail: zengfj@ms.xjb.ac.cn

库之间的碳流量。目前对于刈割的研究很多,大多数集中于草地生态系统,而对于油莎豆的研究相对较少,关于刈割对荒漠植物驼绒藜(*Krascheninnikovia ceratoides*)^[17]、豆角(*Vigna unguiculata*)和油莎豆轮作^[18]农作物根系及其根际土壤影响方面的研究较多,但刈割对新疆不同种植区域油莎豆根际土壤方面的研究至今较少。

根际是联系植物、土壤和微生物之间的重要环境界面,参与养分循环、能量流通和信息传递等一系列活跃的生物化学过程^[19-20]。植物通过根际效应来改善土壤结构,激发微生物参与土壤地球化学循环来改良土壤品质^[21-22]。刈割后植物根系分泌物是否会发生变化,刈割植物地上部分是否会影响地下土壤中的养分、盐基离子和土壤酶活性^[23],都是值得深入研究的科学问题。本研究通过探讨不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的影响,揭示刈割时间对油莎豆地下部分的影响机制,为油莎豆资源的合理利用提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验在新疆北部阜康市 222 团农场(44°19' N,

88°05' E)和南部第三师 54 团莎车农场进行(38°38' N,77°6' E)。北疆 10℃的年积温为 3 614.6℃,年均气温 6.6℃,年均降水量 164 mm,年均蒸发量 2 000 mm,冬季有约 20 cm 厚的积雪^[24]。南疆日照时间长,昼夜温差大,全年大于 10℃的积温 4 082℃,年均日照时数为 2 860.3 h,年均气温 11.6℃,年均降水量 53.3 mm,年均蒸发量 2 246 mm,年均风速为 1.5 m/s,无霜期 225 d^[25]。

1.2 试验设计

于 2018 年 5 月 15 日~2020 年 5 月 15 日在北疆和南疆种植油莎豆,采用油莎豆穴播机播种,播种量均为 80 kg/hm²,株距 8 cm,行距 35 cm。滴灌带铺设一机二管,1 条滴灌带灌溉 2 行油莎豆的种植模式,施肥量均为:尿素 193.2 kg/hm²、磷肥 138 kg/hm²、钾肥 85.5 kg/hm²;滴水量为 6 次(每次灌溉量为 260 m³/667 m²),以保证其正常生长。于 2021 年 5 月 15 日再次播种油莎豆,在核心示范田内,设置 3 个 10 m×5 m 试验小区,共 3 个小区,设置 4 个刈割时间,分别为播种后第 78、91、106 和 124 天),每次随机选择 3 个 1 m×1 m 样方,收集南北疆油莎豆根际土壤样品。试验区域,土壤基本理化性质见表 1。

表 1 试验区土壤基本理化性质

Table 1 Basic physical and chemical properties of soil in the experimental area

地点	pH 值	土壤有机质 SOM/ (g·kg ⁻¹)	全氮 TN/ (g·kg ⁻¹)	全磷 TP/ (g·kg ⁻¹)	全钾 TK/ (g·kg ⁻¹)	速效氮 AN/ (mg·g ⁻¹)	速效磷 AP/ (mg·g ⁻¹)	速效钾 AK/ (mg·g ⁻¹)
南疆(0~30 cm)	8.87±0.01	2.53±0.33	0.09±0.01	0.33±0.01	16.13±0.26	18.67±6.59	4.26±0.42	50.87±0.54
北疆(0~30 cm)	8.42±0.05	13.27±0.12	0.93±0.01	1.04±0.01	22.13±0.08	59.43±1.42	23.40±0.72	340.60±3.07

1.3 土壤样品采集与分析

采用抖落法收集每个处理的根际土壤样品^[26],混匀后装密封袋,带回实验室。土壤样品经自然风干后过筛,参照《土壤农化分析》中土壤理化特性分析的标准方法^[27],测定土壤 pH、全氮(Total Nitrogen, TN)、全磷(Total Phosphorus, TP)、全钾(Total Potassium, TK)、全盐(Total Salt, TS)、土壤有机质(Soil Organic Matter, SOM)、速效氮(Available Nitrogen, AN)、速效磷(Available Phosphorus, AP)和速效钾(Available Potassium, AK)含量。利用离子色谱仪测定土壤阳离子(钾离子(Potassium Ion, K⁺)、钠离子(Sodium Ion,

Na⁺)、钙离子(Calcium Ion, Ca²⁺)、镁离子(Magnesium Ion, Mg²⁺),土壤阴离子(氯离子(Chloride Ion, Cl⁻)、碳酸氢根离子(Bicarbonate Ion, HCO₃⁻)和硫酸根离子(Sulfate Ion, SO₄²⁻)。

1.4 数据分析

统计分析利用 R 4.12 software (R Development Core Team 2017)完成。采用双因素方差(Two-way ANOVA)分析采样点和刈割时间及交互作用对南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的影响,单因素方差(One-way ANOVA)分析不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的差异性,用 Duncan

法进行多重比较($\alpha=0.05$)。利用 t -检验分析比较不同指标在采样点(南疆和北疆)间的差异。采用“ggplot2包”完成南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的图形绘制,采用“psych包”和“corrplot包”进行南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的相关性分析(Pearson),聚类分析探讨了南北疆油莎豆根际土壤养分和盐基离子的关系。

2 结果与分析

2.1 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤理化性质的影响

双因素方差分析结果表明,采样点极显著影响了油莎豆根际土壤的pH值、有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷、速效钾含量($P<0.001$);刈割时间影响了油莎豆根际土壤的pH值($P<0.001$),全氮($P<0.05$)、全钾($P<0.001$)、速效氮($P<0.01$)和速效钾含量($P<0.001$);采样点和刈割时间的交互作用显著影响了油莎豆根际土壤的pH值($P<0.01$)、全氮($P<0.05$)、全磷($P<0.01$)和全钾含量($P<0.001$)(表2)。

北疆油莎豆根际土壤的全氮、全钾、速效磷和速效钾含量显著高于南疆($P<0.05$)。不同刈割时间下

南北疆的油莎豆根际土壤有机质没有显著差异。北疆油莎豆根际土壤的pH在第106天刈割显著低于其他刈割时间(第78、91和124天)($P<0.05$),而南疆油莎豆根际土壤的pH值在第91天刈割显著低于其他刈割时间($P<0.05$),但在第78、106和124gd刈割没有显著差异。北疆油莎豆根际土壤的全氮含量在第124天刈割显著低于其他刈割时间(第78、91和106天)($P<0.05$),北疆油莎豆根际土壤的全磷含量在第106天刈割最高,南疆油莎豆根际土壤的全氮和全磷含量在不同的刈割时间均没有显著差异。北疆油莎豆根际土壤的全钾含量在第91天刈割显著低于其他刈割时间($P<0.05$),而南疆油莎豆根际土壤的全钾含量在第106天刈割显著低于其他刈割时间($P<0.05$)。北疆油莎豆根际土壤的速效氮含量在第91天刈割显著高于其他刈割时间($P<0.05$),而南疆油莎豆根际土壤的速效氮含量没有显著差异。北疆油莎豆根际土壤的速效磷含量在第106天刈割显著高于其他刈割时间($P<0.05$)。北疆油莎豆根际土壤的速效钾含量在第106和124天刈割没有显著差异,但均显著高于第78和91天刈割($P<0.05$)(图1)。

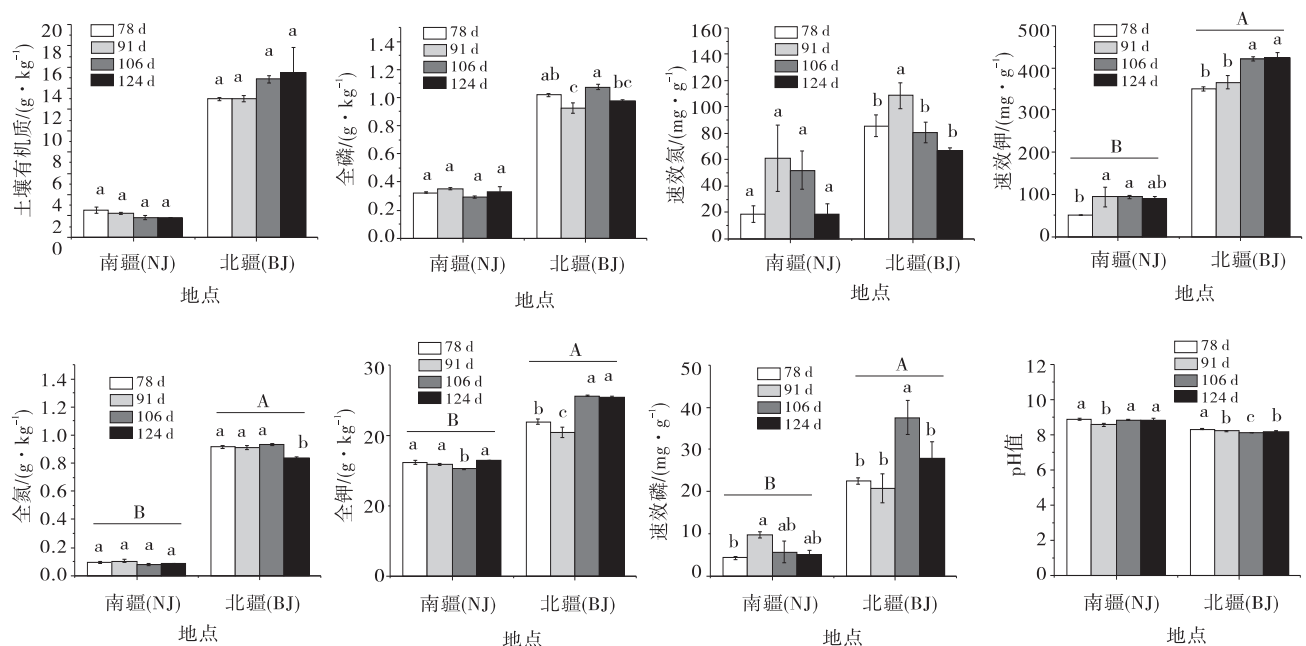


图1 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤理化性质的影响

Fig. 1 Effects of different mowing time on physicochemical properties of rhizosphere soil of *Cyperus esculentus* in northern and southern Xinjiang

注:不同小写字母(a、b和c)表示同一采样点不同刈割时间差异显著($P<0.05$);不同大写字母(A和B)表示不同采样点差异显著($P<0.05$)(*, $P<0.05$;**, $P<0.01$;***, $P<0.001$),下同。

表2 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤理化性质的双因素方差分析

Table 2 Two-way ANOVA analysis of the physicochemical properties of rhizosphere soil of *Cyperus esculentus* under different mowing time in northern and southern Xinjiang

因素	自由度 <i>df</i>	pH	土壤有机质/ (g·kg ⁻¹)	全氮/ (g·kg ⁻¹)	全磷/ (g·kg ⁻¹)	全钾/ (g·kg ⁻¹)	速效氮/ (mg·g ⁻¹)	速效磷/ (mg·g ⁻¹)	速效钾/ (mg·g ⁻¹)
采样点(S)	1	318.63***	124.52***	5 206.20***	1 088.05***	425.16***	37.06***	48.45***	973.53***
刈割时间(M)	3	7.44***	0.22	4.02*	0.93	12.39***	5.50**	1.37	7.63***
采样点×刈割 时间S×M	3	6.42**	0.56	3.14*	4.61**	14.67***	1.00	2.10	2.24

注:表中数值为F值,* $P<0.05$,** $P<0.01$,*** $P<0.001$ 。

表3 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤盐基离子的双因素方差分析

Table 3 Two-way ANOVA analysis of the salt-based ions of rhizosphere soil of *Cyperus esculentus* under different mowing time in northern and southern Xinjiang

因素	自由度 <i>df</i>	氯离子/ (mg·g ⁻¹)	硫酸根离子/ (mg·g ⁻¹)	钙离子/ (mg·g ⁻¹)	钾离子/ (mg·g ⁻¹)	镁离子/ (mg·g ⁻¹)	钠离子/ (mg·g ⁻¹)	碳酸氢根离子/ (mg·g ⁻¹)	全盐/ (g·kg ⁻¹)
采样点(S)	1	13.54**	0.16	2.87	3.01	2.76	5.76*	300.16***	0.01
刈割时间(M)	3	1.81	0.55	3.21*	1.79	2.65	2.32	2.79	2.09
采样点× 刈割时间(S×M)	3	2.63	1.38	2.15	2.35	1.60	1.80	1.74	1.23

注:TS,全盐。

2.2 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤盐基离子的影响

双因素方差分析结果表明,采样点显著影响了油莎豆根际土壤的氯离子($P<0.01$)、钠离子($P<0.05$)、碳酸氢根离子($P<0.001$)含量;刈割时间显著影响了油莎豆根际土壤的钙离子含量($P<0.05$);采样点和刈割时间的交互作用对油莎豆根际土壤的离子含量没有显著影响(表3)。

北疆油莎豆根际土壤的氯离子含量在第91天刈割高于其他刈割时间,南疆油莎豆根际土壤的氯离子含量在不同的刈割时间均没有显著差异。南北疆油莎豆根际土壤的钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、硫酸根离子、碳酸氢根离子和全盐含量均没有随刈割时间发生显著变化(图2)。

2.3 油莎豆根际土壤理化性质和盐基离子的相关性分析

相关性分析结果表明,在北疆地区,油莎豆根际土壤有机质含量与钾离子含量呈显著正相关关系($P<0.05$);全氮含量与钙离子和镁离子含量呈显著正相关关系($P<0.05$),与全盐含量呈极显著正相关

关系($P<0.01$);速效钾含量与碳酸氢根离子含量呈显著负相关关系($P<0.05$),与其他离子含量均没有显著相关关系;pH与速效钾、氯离子、硫酸根离子含量呈显著负相关关系($P<0.05$),与碳酸氢根离子含量呈显著正相关关系($P<0.05$)。在南疆地区,油莎豆根际土壤速效氮含量与速效磷含量呈极显著负相关关系($P<0.01$),与氯离子、钙离子、镁离子、钠离子、硫酸根离子和全盐含量呈极显著正相关关系($P<0.001$),与碳酸氢根离子含量呈显著负相关关系($P<0.05$);速效磷含量与氯离子、硫酸根离子、钙离子、镁离子和钠离子含量呈显著负相关关系($P<0.05$);pH值与全钾、速效磷、速效钾含量呈显著负相关关系($P<0.05$),与氯离子、钠离子和钾离子含量没有显著相关关系(图3)。

2.4 油莎豆根际土壤理化性质和盐基离子的聚类分析

聚类分析表明,南北疆油莎豆根际土壤的pH和碳酸氢根离子均聚类为一组。在北疆,油莎豆根际土壤的速效养分(速效氮、速效磷和速效钾)、氯离子和硫酸根离子聚类为一组;油莎豆根际土壤的有机质、

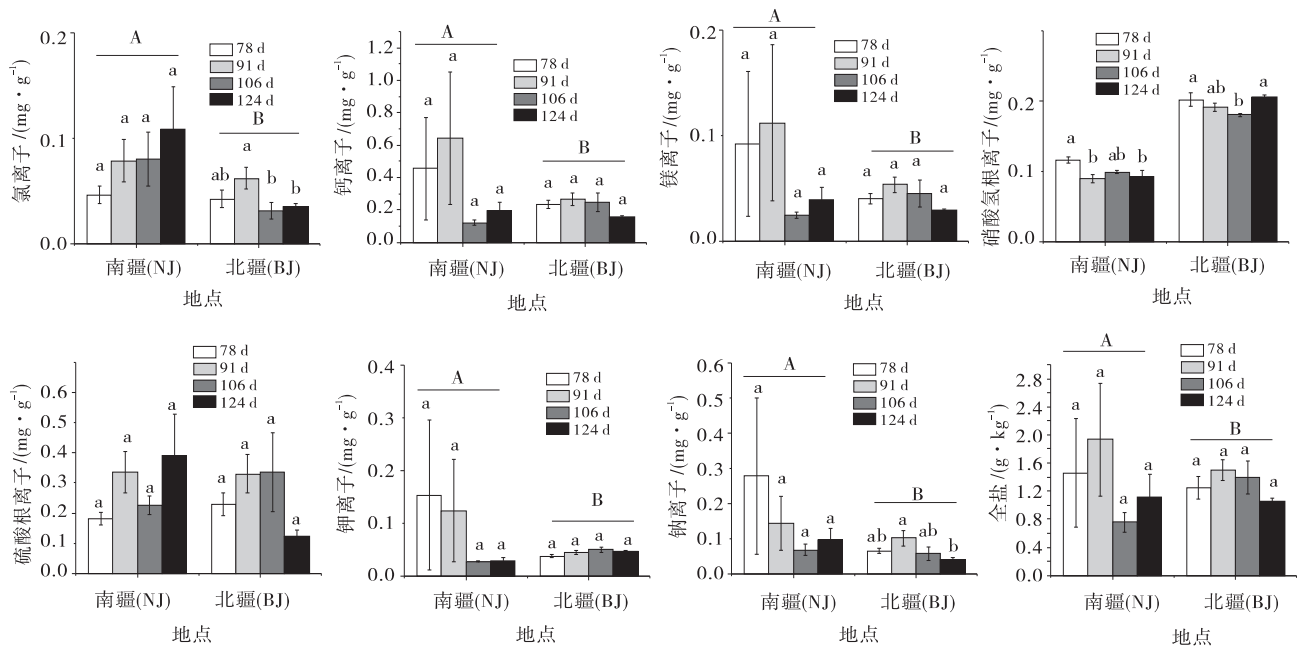


图2 不同刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤盐基离子的影响

Fig. 2 Effects of different mowing time on salt-based ions of rhizosphere soil of *Cyperus esculentus* in northern and southern Xinjiang

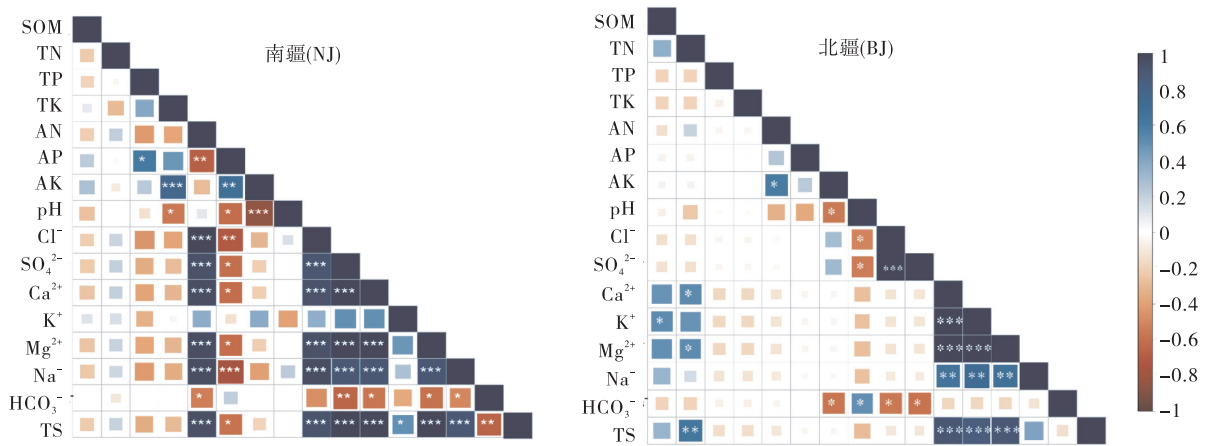


图3 油莎豆根际土壤理化性质和盐基离子的相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of the physicochemical properties and salt-based ions of rhizosphere soil of *C. esculentus*

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ 。

全氮、全盐与其他离子(钙离子、镁离子、钠离子和钾离子)聚类为一组。在南疆,油莎豆根际土壤的全氮、速效氮、全盐与离子(氯离子、钙离子、镁离子、钾离子、钠离子、硫酸根离子和碳酸氢根离子)聚类为一组(图4)。

3 讨论

3.1 刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤理化性质的影响

研究发现一些牧草和灌木植物的刈割会对根区土壤养分和土壤酶活性产生一定的影响^[17,23]。隔年刈

割后驼绒藜根际土壤的有机质含量显著降低($P < 0.05$),而连年刈割并未对有机质含量产生明显的影响^[17]。随刈割时间延长,圭亚那柱花草(*Stylosanthes guianensis*)根区土壤有机质和速效钾含量下降,全氮和速效磷含量呈增加趋势^[23];苜蓿表层土壤(0~20 cm)的有机质含量增加,但对土壤pH、电导率的影响不显著^[28]。在本研究中,南北疆油莎豆根际土壤有机质含量随刈割时间未发生显著变化。与章家恩^[23]和姜黎^[28]的研究结果不一致,可能刈割油莎豆在短期内并未改变根际土壤有机质含量。通常认为土壤有

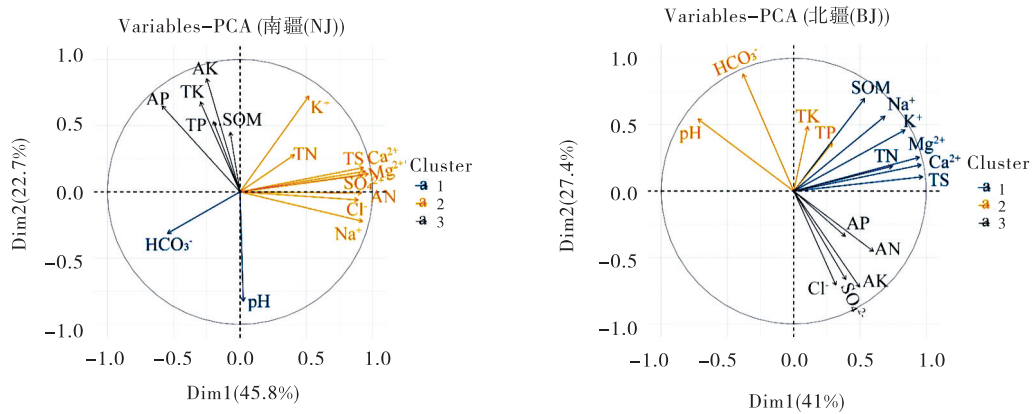


图4 油莎豆根际土壤理化性质和盐基离子的聚类分析

Fig. 4 The clustering analysis of the physicochemical properties and ion characteristics of rhizosphere soil of *C. esculentus*

机质含量越高,物理特性和供肥能力越好^[29]。然而北疆区域降水较多,水分入渗快,还有着丰富的土壤结皮,不仅提高了微生物活性,而且也加快了土壤养分含量转化,丰富了土壤有机质含量^[30];南疆降水稀少,风沙天气频繁,地表凋落物较少并且凋落物的分解速率较慢,造成土壤有机质含量较低^[31]。因此,建议南疆地区在以后的农业生产中加大有机肥的投入,有助于提高土壤有机质含量和土壤结构的稳定性^[32];建议收获油莎豆时仅采收地上饲草和地下块茎,将地下根系留在土壤中可以提高土壤的有机质含量。土壤酸碱度和盐分是影响植物生长发育及生存的重要因子^[33]。在本研究中,南北疆油莎豆根际土壤全盐含量随刈割时间未发生显著变化,而南疆油莎豆根际的土壤全盐含量显著高于北疆($P < 0.05$),总体而言,北疆油莎豆根际土壤的pH呈下降趋势,但南北疆的油莎豆根际土壤pH间没有显著差异。查向浩等^[34]通过对南疆绿洲—荒漠过渡带土壤盐分和养分的研究发现,土壤pH平均值为8.20,全盐含量平均值为5.71 g/kg,与本研究的结果不一致。在本研究中,北疆油莎豆根际土壤的全氮、全钾、速效磷和速效钾含量显著高于南疆($P < 0.05$),然而全磷和速效氮含量没有显著差异。南疆地区在农业生产中应适当加大氮、磷和钾肥的投入量,这是植物生长必备的三元素,因为,南疆的养分含量低于北疆,油莎豆又非固氮植物,建议南疆种植区可以引入豆科植物,进行油莎豆和豆科植物的轮作和间作,此方法还有待进一步深入研究。

3.2 刈割时间对南北疆油莎豆根际土壤盐基离子的影响

盐在土壤中自然存在,许多盐元素是植物生长必

需的营养元素,土壤中所含的可溶性盐过高会直接影响作物的正常生长^[35-37]。有研究认为氯离子、硫酸根离子、钠离子和钙离子是造成土壤次生盐渍化的主要离子^[35]。李玉环等^[38]对不同残膜量下棉田土壤离子特性及微生物的研究发现,残膜土壤中钠离子、钙离子、硫酸根离子、碳酸根离子含量比无残膜处理较多,然而碳酸氢根离子、氯离子、钾离子、镁离子在残膜土壤中的含量较少。在本研究中,南北疆油莎豆根际土壤的盐基离子(硫酸根离子、碳酸氢根离子、钠离子、钙离子、钾离子和镁离子)含量随刈割时间延长均未发生显著变化,仅北疆油莎豆根际土壤得氯离子随刈割时间延长发生显著变化($P < 0.05$);北疆油莎豆根际土壤的阳离子(钠离子、钾离子、钙离子和镁离子)含量显著低于南疆($P < 0.05$),南北疆油莎豆根际土壤的pH和碳酸氢根离子含量均聚类为一组,但土壤硫酸根离子和碳酸氢根离子含量在南北疆间没有显著差异。南疆农民长期以来在该地区用于灌溉的水中含有大量阳离子(钠离子、钾离子、钙离子和镁离子)和阴离子(氯离子)等^[31,39],可能造成土壤中盐基离子含量过高。然而,油莎豆在北疆种植后第106天刈割,土壤氯离子含量最低,可能油莎豆此时吸收更多的氯离子,有利于缓解北疆地区的盐碱化土壤,油莎豆是否具有吸盐能力以及吸盐的具体原理还有待进一步研究。

4 结论

南北疆油莎豆根际土壤有机质及南疆油莎豆根际土壤全氮、全磷和速效氮含量随刈割时间未发生显著变化,因此要加大南北疆有机肥、氮磷钾肥的适当

投入。刈割时间改变了北疆油莎豆根际土壤的氯离子含量和pH值,缓解了土壤的酸碱度,有利于降低土壤碱化程度,在一定程度上改变了土壤的理化特性。

参考文献:

- [1] Olga D C, Roberta G, Emanuele D G, *et al.* A molecular survey concerning the origin of *Cyperus esculentus* (Cyperaceae, Poales): two sides of the same coin (weed vs. crop) [J]. *Annals of Botany*, 2015, 115(5): 733–745.
- [2] Aljuhaiki F, Ghafoor K, Özcan M M, *et al.* The effect of solvent type and roasting processes on physicochemical properties of tigernut (*Cyperus esculentus* L.) tuber oil [J]. *Japan Oil Chemists' Society*, 2018, 67(7): 823–828.
- [3] 张玉林, 杜艺, 柴旭田, 等. 不同种植模式和刈割时间对油莎豆块茎养分含量和营养品质的影响[J]. *草地学报*, 2022, 30(11): 3148–3155.
- [4] 刘佳遥, 魏尊苗, 程艳, 等. 轮作豆角对油莎豆生长及土壤微生物多样性的影响[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(4): 17–24.
- [5] 吉林省通化县农科站. 油莎豆与玉米间作试种成功[J]. *辽宁农业科学*, 1976(Z1): 28.
- [6] 刘亚兰, 赵月, 徐梦琦, 等. 极端干旱区种植行距对油莎豆生长及土壤特性的影响[J]. *草地学报*, 2021, 29(11): 2486–2493.
- [7] 丁雅, 杨建明, 李利, 等. 南疆盆地亏缺灌溉和覆膜对油莎豆生物量及产量的影响[J]. *干旱区研究*, 2022, 39(3): 883–892.
- [8] 张琳琳, 于明含, 丁国栋, 等. 盐碱胁迫对油莎豆生长和生理特性的影响[J]. *中国水土保持科学(中英文)*, 2022, 20(2): 65–71.
- [9] 曹祎琦, 任永峰, 路战远, 等. 氮磷钾配施对油莎豆产量及肥料利用效率的影响[J]. *中国油料作物学报*, 2022, 45(2): 368–377.
- [10] 贺婷婷, 王旭哲, 宋磊, 等. 不同添加剂对油莎豆青贮品质及有氧稳定性的影响[J]. *新疆农业科学*, 2022, 59(7): 1767–1775.
- [11] 朱俊岭, 师茜, 王小红, 等. 不同水分处理条件对油莎豆叶片生理指标及块茎品质的影响[J]. *西南农业学报*, 2016, 29(6): 1276–1280.
- [12] 沈雁, 杨伟波, 刘蕊, 等. 植物生长调节剂及不同温度处理对油莎豆块茎萌发的影响[J]. *西南农业学报*, 2010, 23(5): 1464–1467.
- [13] 李突变, 张风华, 徐接亮, 等. 刈割对油莎豆碳氮积累以及产量和品质的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2022, 40(5): 165–172.
- [14] 段帅, 张德建, 姚玉军, 等. 油莎豆营养价值及加工应用研究进展[J]. *食品科技*, 2022, 47(7): 149–154.
- [15] 马银山, 杜国祯, 张世挺. 施肥和刈割对冷地早熟禾补偿生长的影响[J]. *生态学报*, 2010, 30(2): 279–287.
- [16] Hamilton E W III, Frank D A. Can plants stimulate soil microbes and their own nutrient supply? Evidence from a grazing tolerant grass[J]. *Ecology*, 2001, 82(9): 2397–2402.
- [17] 张微微, 杨劫, 宋炳煜, 等. 刈割对草原化荒漠区驼绒藜 (*Krascheninnikovia ceratoides*) 根际土壤特性的影响[J]. *生态学报*, 2016, 36(21): 6842–6849.
- [18] 刘佳遥, 魏尊苗, 程艳, 等. 轮作豆角对油莎豆生长及土壤微生物多样性的影响[J]. *山西农业大学学报(自然科学版)*, 2021, 41(4): 17–24.
- [19] Kuzyakov Y, Xu X L. Competition between roots and microorganisms for nitrogen: mechanisms and ecological relevance[J]. *New Phytologist*, 2013, 198(3): 656–669.
- [20] Yan Y, Kuramae E E, Hollander M D, *et al.* Functional traits dominate the diversity-related selection of bacterial communities in the rhizosphere[J]. *The ISME Journal*, 2016, 11(1): 56–66.
- [21] 梁婷, 周会程, 马源, 等. 退化高寒草甸优势植物及其根际土壤微量元素变化特征[J]. *草原与草坪*, 2021, 41(5): 73–79.
- [22] 杜艺, 邢鹏飞, 贾镇宁, 等. 山西铁杆蒿草地群落碳、氮密度区域差异及其驱动因素[J]. *草地学报*, 2020, 28(1): 170–176.
- [23] 于童洲, 张天宇, 周立业. 少花蒺藜草与不同牧草混播根际与非根际土壤酶活性变化[J]. *草原与草坪*, 2022, 42(1): 96–101.
- [24] 尹辉, 张波, 荆瑞雪, 等. 干旱区不同地理种群骆驼刺元素组成及表面结构特征的对比研究[J]. *生态学报*, 2019, 39(18): 6745–6752.
- [25] 阿尔祖古丽·亚森, 仙米西努尔·克里木. 莎车县各月农业气候资源特征及主要气象灾害分析[J]. *现代农业科技*, 2017(20): 200.
- [26] Riley D, Barber S A. Salt accumulation at the soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) root-soil interface[J]. *Soil Science Society of America Journal*, 1970, 34(1): 154–165.
- [27] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版) [M]. 北京: 中国农业

- 出版社,2000:25—200.
- [28] 姜黎,郑银,王平,等. 刈割对杏树间作的紫花苜蓿根系和土壤理化性质的影响[J]. 北方园艺,2017(24):123—128.
- [29] 杜艺,翟鹏辉,贾镇宁,等. 天然草地土壤化学性质对氮磷添加响应的Meta分析[J]. 草原与草坪,2021,41(1):76—82.
- [30] 张玉林,陆永兴,尹本丰,等. 模拟降雨变化对古尔班通古特沙漠土壤养分及酶活性的影响[J]. 生态学报,2022,42(5):1—11.
- [31] 田立文,祁永春,等. 新疆南疆耕地土壤养分含量及其分布特征评价—以阿克苏地区为例[J]. 核农学报,2020,34(1):214—223.
- [32] 王晓娟,贾志宽,梁连友,等. 旱地施有机肥对土壤有机质和水稳性团聚体的影响[J]. 应用生态学报,2012,23(1):159—165.
- [33] Huggett R J. Soil chronosequences, soil development, and soil evolution critical review [J]. *Catena*, 1998, 32: 155—472.
- [34] 查向浩,莫治新,李宁,等. 新疆南疆绿洲—荒漠过渡带土壤盐分和养分的空间异质性[J]. 江苏农业科学,2018,46(8):250—254.
- [35] 杨春霞,张艳,李彩虹,等. 宁夏设施土壤盐分离子组成及含量变化特点[J]. 西北农业学报,2014,23(1):201—206.
- [36] 朱珠,姚宝林,李男,等. 微咸水灌溉条件下土壤残膜对棉花出苗率与土壤盐分影响研究[J]. 节水灌溉,2021(3):7—11.
- [37] 苟文龙,李平,马啸,等. 混播比例和刈割茬次对一年生禾豆混播草地根系形态、土壤养分的影响[J]. 草原与草坪,2020,40(4):1—7.
- [38] 李玉环,何新林,杨丽莉,等. 不同残膜量对棉田土壤氮素、八大离子含量及微生物的影响[J]. 干旱地区农业研究,2022,40(5):222—229+259.
- [39] 陈霖明,李艳红,李发东,等. 玛纳斯河流域出苗期棉田土壤膜下滴灌前后水分—盐分—养分运移分析[J]. 甘肃农业大学学报,2021,56(5):110—119.

Effects of different mowing time on rhizosphere soil nutrients and salt-based ions of *Cyperus esculentus* in northern and southern Xinjiang

DU Yi^{1,2,3,4}, ZHANG Yu-lin^{1,2,3,5}, CHAI Xu-tian^{1,2,3,4}, MA Xing-yu^{1,2,3,4},

LI Xiang-yi^{1,2,3}, LU Yan^{1,2,3}, ZHANG Zhi-hao^{1,2,3*}, ZENG Fan-jiang^{1,2,3,4,5**}

(1. Xinjiang Desert Plant Roots Ecology and Vegetation Restoration Laboratory, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 2. State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China; 3. Cele National Station of Observation and Research for Desert-Grassland Ecosystem, Cele 848300, China; 4. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 5. College of Ecology and Environment, Xinjiang University, Urumqi 830046, China)

Abstract: **[Objective]** The investigation was performed to explore the effects of different mowing time on rhizosphere soil nutrients a salt-based ions of *Cyperus esculentus* in northern and southern Xinjiang. **[Method]** *C. esculentus* was planted in Shache City of southern and Fukang City of northern Xinjiang on May 15, 2021. The rhizosphere soil samples were collected on 78, 91, 106, 124 days after seed sowing. The rhizosphere soil nutrients and salt-based ions were analyzed. **[Result]** The sampling site and mowing time had significant effects on soil pH ($P < 0.05$). Their interaction had significant effects on soil pH, TN, TP, and TK ($P < 0.05$), but had no effects on soil ion content ($P >$

0.05). The contents of TN, TK, AP, and AK in rhizosphere soil of northern Xinjiang were significantly higher than those in rhizosphere soil of southern Xinjiang ($P < 0.05$), but the contents of cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , and Mg^{2+}) in rhizosphere soil of northern Xinjiang were significantly lower than those in rhizosphere soil of southern Xinjiang ($P < 0.05$). In northern Xinjiang, the pH was negatively correlated with the contents of AK and Cl^- ($P < 0.05$), and positively correlated with the content of HCO_3^- ($P < 0.05$). In southern Xinjiang, the pH was negatively correlated with the content of AK ($P < 0.05$), and positively correlated with the contents of Na^+ and Cl^- . 【Conclusion】 Mowing time changed the contents of TK, AK, and AP and pH value in the rhizosphere soil of southern and northern Xinjiang, and changed the content of Cl^- in the rhizosphere soil of northern Xinjiang. The interaction between mowing time and sampling site (northern Xinjiang) had the greatest effect on soil TN and TP. This study provided a theoretical basis for the promotion of actual production of *C. esculentus* in Xinjiang region.

Key words: mowing time; rhizosphere soil; soil nutrients; soil salt-based ions;

(责任编辑 靳奇峰)