

高寒地区紫花苜蓿根系吸收资源空间与土壤性质的相关性研究

赵阳安^{1,2}, 芦光新^{2*}, 金鑫², 马坤², 王英成², 颜琿璘², 周学丽³, 张海娟²

(1. 北京嘉博文生物科技有限公司, 北京 100020; 2. 青海大学农牧学院, 青海 西宁 810016;

3. 青海省草原改良试验站, 青海 共和 813000)

摘要:【目的】为明确根系吸收资源空间大小与高寒地区紫花苜蓿植物学性状及土壤理化性质的相关性。【方法】以青海省海南草原改良试验站种植的紫花苜蓿为研究对象, 通过相关回归方程方法, 分析各因素和根系吸收资源空间的相关关系, 研究高寒草地紫花苜蓿根系吸收资源空间对植物性状和土壤性质的相关性。同时基于路径分析方法, 分析土壤理化性质与地上生物量等对高寒草地土壤根系吸收资源空间的影响作用。【结果】高寒草地紫花苜蓿根系吸收资源空间大小在722.96~3952.78 cm³, 土壤理化性质(全氮、有机碳、硝态氮)、地上生物量、叶片含水率与根系吸收资源空间存在显著正相关($P < 0.05$), 而茎叶比、土壤电导率和pH与根系吸收资源空间表现出显著负相关($P < 0.05$); 且路径分析发现, 土壤水分、pH、地上生物量以及有机碳(TOC)对紫花苜蓿根系吸收资源空间具有较强的直接影响, 全氮(TN)通过硝态氮对根系吸收资源空间产生间接作用。【结论】高寒草地紫花苜蓿根系吸收资源空间的扩展受土壤理化特征与地上生物量等因素综合影响。

关键词:高寒草地; 根系吸收资源空间; 紫花苜蓿; 土壤理化性质

中图分类号:S541 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)06-0155-07

DOI:10.13817/j.cnki.cyyep.2023.06.020



紫花苜蓿(*Medicago sativa*)作为牧草之王, 具有适应性广、营养价值高适口性好等优良特点^[1-2], 是迄今发现的营养全面的草本植物之一^[3]。紫花苜蓿产业在我国西部大开发、生态环境建设、农业产业结构调整中, 具有十分广阔的发展前景。紫花苜蓿的水分耐受限较宽, 在年降水量300~800 mm的地区均能生长^[4], 青藏高原地区冬、春季空气干燥, 风蚀作用强烈^[5], 严酷的自然环境威胁紫花苜蓿越冬, 高寒地区紫花苜蓿能否安全越冬及顺利返青, 是限制紫花苜蓿产业发展的因素之一。

根系是植物在地下部分的总称, 作为植物的两大工厂(叶和根)之一, 它起着吸收水分和营养元素的作用。植物根系所占据的地下资源空间, 应是该生态系统内部的一个子系统。植物地境是其生境的重要组成部分, 某一物种根群所处的位置即为该物种的地境稳定层, 物种地境稳定层可作为物种的生存域, 全面提供植物根系资源, 地境稳定层内理化指标组态真实地反映了植物生存的地下环境。本研究将地下资源吸收范围称为植物的根系吸收资源空间(plant below-ground habitat)^[6]。根系吸收资源空间决定了根系在土壤空间中的位置、资源获取和空间拓展能力^[7], 对于植物而言, 根系至关重要, 紫花苜蓿冬季以根系作为越冬器官, 储存植株越冬所需营养, 吸收土壤水分、二氧化碳和无机盐类, 且能在土壤中自动地跟踪肥源和水源。紫花苜蓿根系具有很强的可塑性, 可以根据土壤的水分状况调整其形态结构和空间分布来适应缺水环境^[8], 也可以通过吸收土壤深层水并释放到浅层

收稿日期:2022-07-08; **修回日期:**2022-09-11

基金项目:国家自然科学基金区域创新发展联合基金项目(U23A2043)

作者简介:赵阳安(1996-), 男, 甘肃陇南人, 硕士研究生。

E-mail:2093289276@qq.com

*通信作者。E-mail:lughx74@qq.com

土壤来缓解表层土壤水分不足^[9]。可见,植物根系占有资源空间的大小对于植物生长生理活动的调控具有直接的影响。地境作为地下生态系统,与周围环境参数及土壤理化性质有关^[10-11],更有学者研究发现,地上生物量对植物生境同样有所影响^[12-13]。明确紫花苜蓿性状和土壤性质对地下生境的响应,对高寒地区优质紫花苜蓿品种的选择和建植人工饲草地具有重要意义。

青海省位于青藏高原东北部,是我国高寒草地分布最广泛的地区之一,也是中国六大牧区之一^[4]。青海省海南州具日照强烈、冬寒夏凉、降水集中、干旱少雨、风大等气候特征。但是,降水集中且少与日照强烈蒸散极大相悖,加重了栽培草地用水需求与水资源供给不足的现状。根系作为主要的吸水器官,在高寒草地土壤条件下,它的占有资源空间如何变化,基于此问题,本研究在青海省海南州铁卜加草原改良试验站开展了紫花苜蓿根系影响因素试验,采用对角线采样方法,研究紫花苜蓿根系地下生境对紫花苜蓿生长特性、水分和理化特性以及地上生物量的响应,旨在探索植物根系地境的影响因素,为高寒草地生态环境研究提供一定的理论基础。

1 材料和方法

1.1 研究地自然概况

试验地位于青海省草原改良试验站(N 37°03'52.4", E 99°33'06.1")牧草种质资源繁育试验小区,地处青海湖西岸,地势平缓开阔,坐落于共和县石乃亥乡境内。海拔 3 270 m,年平均气温 -0.7 °C, ≥ 0 °C 年积温 1 331.3 °C,绝对无霜期为 20 d。土壤类型为暗栗钙土,属高原干旱的大陆性气候,年平均降水量为 368.11 mm,多集中在 6、7、8 月,年蒸发量为 1 495.3 mm,相对湿度 58%,年平均风速 3.4 m/s。牧草生长季(80% 保证率)148 d。

1.2 试验设计

2021 年 8 月,在试验田选取已种植两年的紫花苜蓿小区(22 m × 34 m),在小区内按对角线设置 2 条样带,且在每条样带上按相同距离设置 4 个样方,2 条样带共获得 8 个样方(图 1)。1 个样点选取 3 个观测点,合计 24 个观测点。在每个观测点内长势均匀的地方随机测定 5 株植株,割掉地上部分后采用壕沟法挖取

根部,收集根上 0~5 mm 的土壤作为根际土,立即装入无菌密封袋,自然风干后测定土壤理化性质;植株样品完整带回实验室测定相关指标。

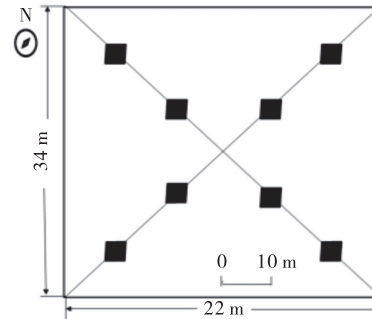


图 1 样地取样设计示意图

Fig 1 Sample sampling design schematic

1.3 测定内容及方法

将植株茎叶分离,105 °C 杀青 1 h,65 °C 下烘 48 h 至恒重,计算茎叶比、叶含水率。采用测量尺测定根系的根长、最大根幅及与最大根幅垂直的根幅,然后求出单株占有的地下资源空间,并且求出 5 株的平均值,作为该品种在小区内单株占有的地下资源空间。

有机质含量采用重铬酸钾硫酸外加热法^[14];全氮含量参照中国环境部《土壤质量全氮的测定半微量凯氏法》进行测定;土壤速效氮含量采用紫外分光光度法测定^[15];pH 值用显酸度计(PHS-3C)测得,水土比 2.5:1^[16];土壤水分含量、土壤电导率利用 TDR 350 仪器测定,重复 3 次,记录数据。

茎叶比(Stem/leaf ratio, SLR) = 茎干重(kg)/叶干重(kg) × 100%

叶含水率(Leaf water Ratio, LWR) = (叶鲜重 - 叶干重)/叶鲜重 × 100%

单株占有的地下资源空间 = 最大根幅 × 与最大根幅垂直方向的根幅 × 根长^[17]。

1.4 数据统计

采用 SPSS 25.0 统计分析软件进行数据的整理分析,使用线性回归对根系地境分布特征进行相关分析,并通过置信区间进行假设检验确定差异性;使用单因素方差分析(one-way ANOVA),结合多重比较(Least Significant Dfferenve, LSD),确定差异显著性;以地下生境为因变量,影响因素为自变量进行回归分析,制作路径分析图,说明各因素对植物根系地下资源空间的直接、间接影响。

2 结果与分析

2.1 紫花苜蓿根系吸收资源空间特征

植物根系在土壤中的分布空间,直接关系到植物获取养分和水分时所达到的范围大小^[17]。本研究中,选用根系的主根长度、最大根幅及与最大根幅垂直的

根幅表示紫花苜蓿根系指标。高寒地区紫花苜蓿两年根系主根长度平均在 31.38 cm,最大根幅平均在 10.35 cm,与最大根幅垂直的根幅平均在 5.21 cm,由单株占有的地下资源空间公式换算得到高寒地区紫花苜蓿两年根系吸收资源空间在 722.96~3 952.78 cm³,平均根系吸收资源空间为 1 770.02 cm³。(表 1)。

表 1 高寒地区紫花苜蓿地下根系特征

Table 1 Characteristics of underground roots of alfalfa in alpine regions

序号	主根长度/cm	最大根幅/cm	与最大根幅垂直的根幅/cm	根系资源空间/cm ³
1	24.05±0.14	8.83±0.54	3.65±0.24	769.04±8.31
2	28.54±0.93	9.52±0.59	5.85±0.37	1 589.00±148.02
3	32.78±0.97	11.30±0.29	5.35±0.09	1 978.46±24.05
4	27.83±0.03	7.36±0.42	4.02±0.31	830.24±107.28
5	31.00±0.81	10.15±0.43	6.15±0.72	1 938.32±258.42
6	32.76±1.86	10.87±0.21	6.14±0.17	2 173.64±225.45
7	31.05±2.04	7.80±0.86	4.15±0.26	1 042.10±242.95
8	26.90±0.28	8.35±0.66	3.91±0.17	886.53±117.03
9	31.60±0.02	11.96±0.72	6.79±1.06	2 614.51±557.81
10	29.30±0.87	11.40±2.25	6.15±1.29	2 175.99±773.73
11	33.16±0.17	9.98±0.07	5.03±0.02	1 664.59±14.52
12	32.67±1.41	13.22±1.22	6.90±0.98	3 118.47±834.31
13	31.53±0.21	11.72±0.74	4.63±0.12	1 718.72±163.87
14	32.34±0.84	10.53±0.56	5.28±0.39	1 824.23±277.05
15	30.27±0.18	8.07±0.21	4.09±0.26	996.18±42.92
16	31.01±0.65	11.12±0.28	5.36±0.06	1 846.59±29.03
17	34.18±0.16	8.81±0.43	4.89±0.04	1 471.88±67.16
18	32.57±0.58	9.95±0.26	5.46±0.15	1 775.73±126.81
19	32.74±1.29	12.35±1.07	5.75±0.83	2 426.09±637.56
20	34.64±0.66	11.00±1.15	4.80±0.17	1 852.65±293.38
21	35.98±0.18	13.03±0.44	5.68±0.24	2 672.75±218.32
22	30.04±0.99	9.11±0.74	4.80±0.06	1 317.06±134.89
23	34.10±1.31	11.82±1.89	5.01±0.44	2 115.23±585.24
24	33.08±0.25	10.20±0.52	4.98±0.02	1 682.56±106.31

2.2 紫花苜蓿根系吸收资源空间与植物性状的相关性

紫花苜蓿地下生境与地上生物量成正相关关系, R^2 为 0.776 7;随着地上生物量的增加,地下生境逐渐扩大(图 2-A)。随着茎叶比的增大,地下生境空间逐渐减小,表现出了显著的负相关关系($R^2=0.674 1$) (图 2-B)。叶含水率与地下生境呈正相关关系,且含水率在 65%~80%,随着含水率的增大,紫花苜蓿地下部分所占资源空间随之增大(图 2-C)。

2.3 紫花苜蓿根系吸收资源空间与土壤性质的相关性

植物在缺水及所需物资时,会通过根系去吸收地下资源空间获取,并通过改变体内稳态机制与根系形态以适应逆境。根系吸收资源空间随着土壤水分的增加而逐渐增加,与土壤水分呈显著正相关关系($P<0.05$) (图 3-A);紫花苜蓿根际土壤的 pH 在 7.9~8.6 (图 3-A),电导率在 0.05~0.17,两者皆与根系吸收资源空间表现出显著的负相关关系($P<0.05$),既随着

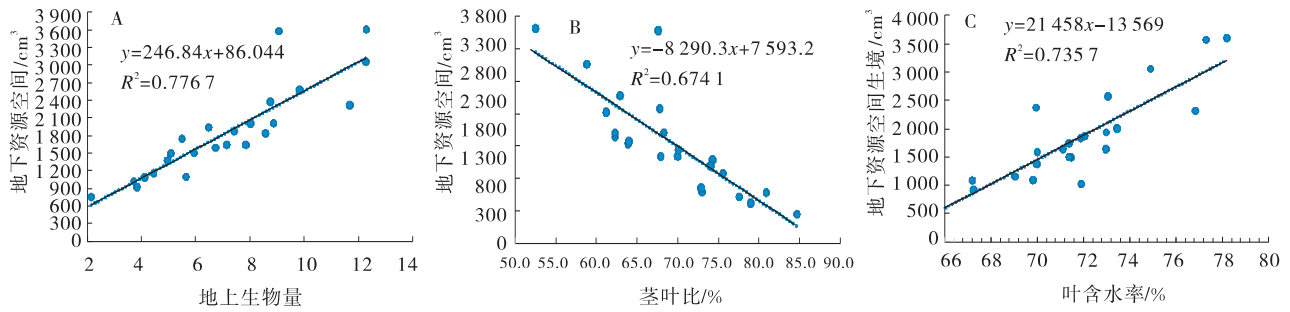


图2 地上部分与地下资源空间关系散点图

Fig. 2 Scatter diagram of the relationship between the aboveground part and the underground habitat

pH的增加,根系吸收资源空间呈现缩小的显著趋势,随着电导率的增加,根系吸收资源空间逐渐减小(图3-C)。

碳(C)、氮(N)是土壤结构和养分的重要组成元素,而硝态氮是植物根系主要吸收的氮素形态。紫花苜蓿根际土壤全氮在900~2000 mg/kg,且紫花苜蓿根系吸收资源空间随土壤全氮的增加而增大,呈现正相关关系(图4-A);硝态氮范围在25~45 mg/kg,且与

根系吸收资源空间的关系是以曲线展示,表现出当硝态氮含量在35 mg/kg左右时,地下占有资源空间最大,之后随着硝态氮含量的增加,根系吸收资源空间呈现逐渐下降趋势(图4-B);高寒草地紫花苜蓿根际土壤有机碳(TOC)在1.0%~2.6%,运用指数函数更好的呈现两者之间的关系,根系吸收资源空间随着土壤有机碳(TOC)的增加表现出逐渐增加的趋势(图4-C)。

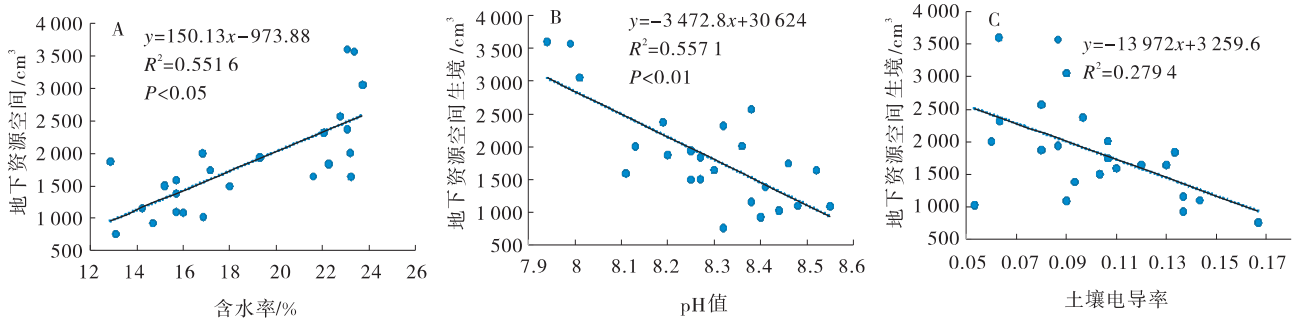


图3 土壤参数与地下资源空间关系散点图

Fig. 3 Scatter plot of the relationship between soil parameters and underground habitat

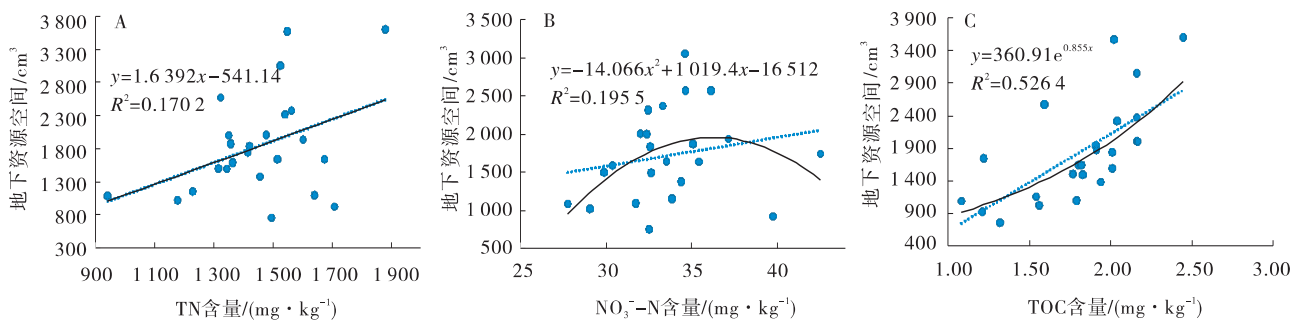


图4 土壤理化因子与地下资源空间关系散点图

Fig. 4 Scatter plot of the relationship between soil physical and chemical factors and underground habitat

2.4 紫花苜蓿根系吸收资源空间对植物性状和土壤性质的作用

本研究发现基于土壤理化性质和地上植物性状因素,可以建立较好的植株根系吸收资源空间的预测

模型,决定系数较高,达到0.925($P < 0.05$),表明各因素对根系吸收资源空间的综合影响作用较强。土壤理化性质中,有机碳(TOC)对根系吸收资源空间的直接影响最大,而硝态氮次之,全氮(TN)最小,且表现

出全氮(TN)对根系吸收资源空间有间接影响(图5)。地上因素中地上生物量对根系吸收资源空间直接影响最大,叶含水率次之,茎叶比表现出了负相关的直接影响关系;理化性质因素中,pH表现出了极显著的直接负影响关系($P<0.01$),影响系数达到0.466。土壤水分同样呈现显著的直接影响根系吸收资源空间($P<0.05$);土壤电导率也和pH一样表现出负相关关系。

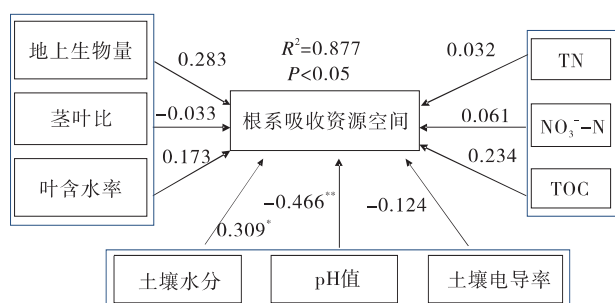


图5 影响高寒草地紫花苜蓿地下资源空间的因素路径分析图
Fig. 5 Path analysis of factors affecting the underground habitat of alfalfa in alpine grassland

注:*表示 $P<0.05$,**表示 $P<0.01$,实线表征直接作用

3 讨论

本研究表明,在青海高寒草地紫花苜蓿种植地,根系地下资源空间随着地上生物量的增加而逐渐增大,这与韩颜隆等^[18]、韩志顺等^[19]、张丽珍等^[20]在不同地区研究结果一致。紫花苜蓿根系形态结构与植株生长性状关系密切^[21],尤其是产量和含水量^[22]等性状。卢合志等^[23]研究叶面积与根系生长之间的规律发现,叶面积指数(叶面积)与根长呈显著正相关关系,由于叶面积指数增加可促进植物光合作用合成更多的有机物,转移到根系,促进根系吸收更多的土壤养分和水分^[24]。本研究也表明,叶含水率与根系吸收资源空间呈显著正相关;高凯等^[25]研究发现,断根时间与茎叶比具有显著影响,表明根系结构变化和茎叶比存在影响联系,本研究也得出,茎叶比变化与植株地下根系占有空间存在负相关关系。

根系是植物—土壤发生相互作用最剧烈的区域^[24],其所吸收的水分和养分,均来自土壤。稳定的环境下植物能够通过土壤养分的吸收和根系分泌物的释放来调节土壤中养分含量的分布^[26]。有研究指出,高寒草甸退化过程中植株根际土壤的表征可能

与适应高寒脆弱生境、对养分的有效吸收效率和对土壤养分的转化等存在直接的相关性^[26-27]。本研究表明,C(TOC)、N(TN)均与根系表现出显著的正相关关系,而硝态氮(NO_3^- -N)表现出了先增加后降低的趋势,这与李洁等^[28]研究结果一致。关于植物根系与土壤性质的关系也有很多研究,韦兰英等^[29]研究了子午岭不同演替阶段草地植被与土壤环境的关系,结果表明根系对土壤表层水分影响较大^[30],本研究得出,土壤水分与紫花苜蓿根系吸收资源空间呈显著的正相关关系。而土壤pH值和电导率也对根系吸收资源空间有影响,随着根系吸收资源空间的扩大,土壤pH逐渐降低,这与前期研究者^[26,31]研究结果一致,既这些变化的发生与植物根系分泌物有关,包括低分子有机酸,植物对阴阳离子吸收的不平衡以及酸性磷酸酶的释放等,他们使土壤中pH值降低,改变土壤中养分的溶解度,使养分从难溶状态变为可溶状态,从而促进养分含量的吸收。张豪睿和付刚^[32]研究发现,土壤深度越深,含盐量越低。土壤中盐分的积累是由于盐分随水分运输的结果,而植物根系对水分的吸收会影响土壤中盐分的分布,而作为可以表征土壤的含盐量的电导率,自然与土壤水分构成显著的负相关影响,鉴于此,电导率和地下根系结构呈现负相关影响,这也与本研究结果一致。

4 结论

在青海省海南草原改良试验站通过研究紫花苜蓿根系吸收资源空间及影响因素发现:

(1) 高寒草地紫花苜蓿平均根系吸收资源空间大小为 $1\ 770.02\ \text{cm}^3$;

(2) TN、TOC、 NO_3^- -N、土壤水分、地上生物量和叶含水率均与根系吸收资源空间呈显著正相关关系($P<0.05$),而茎叶比、土壤电导率和pH与根系吸收资源空间呈显著负相关关系($P<0.01$);

(3) TOC、pH值、地上生物量以及土壤水分能够直接正向促进紫花苜蓿根系吸收资源空间扩展,而TN则通过 NO_3^- -N间接正向促进根系吸收资源空间扩展。由此说明高寒草地紫花苜蓿根系吸收资源空间的扩展受土壤理化特征与地上生物量等因素综合影响。

参考文献:

- [1] 赵阳安, 芦光新, 邓晔, 等. 根瘤菌拌种对两种苜蓿生长及根际微生物多样性的影响[J]. 草地学报, 2022, 30(2): 370—378.
- [2] 潘卫仓. 紫花苜蓿的主要成分及其在畜牧业中的应用[J]. 中兽医医药杂志, 2015, 34(2): 73—77.
- [3] 刘桂萍, 王宇, 李思宇, 等. 紫花苜蓿根茎叶对三种常见细菌的抑制作用研究[J]. 辽宁科技学院学报, 2022, 24(1): 28—31+44.
- [4] 乔子楣, 刘敏国, 杨惠敏. 高寒地区灌溉对建植当年紫花苜蓿产量、水分和光能利用效率的影响[J]. 中国草地学报, 2020, 42(3): 86—93.
- [5] 兰爱玉, 林战举, 范星文, 等. 青藏高原北麓河多年冻土区阴阳坡地表能量和浅层土壤温湿度差异研究[J]. 地球科学进展, 2021, 36(9): 962—979.
- [6] 徐恒力, 孙自永, 马瑞. 植物地境及物种地境稳定层[J]. 地球科学, 2004(2): 239—246.
- [7] 朱亚琼, 郑伟, 王祥, 等. 混播方式对豆禾混播草地植物根系构型特征的影响[J]. 草业学报, 2018, 27(1): 73—85.
- [8] 李振松, 万里强, 李硕, 等. 苜蓿根系构型及生理特性对干旱复水的响应[J]. 草业学报, 2021, 30(1): 189—196.
- [9] Hu X, Li X Y, Wang P, *et al.* Influence of enclosure on CT—measured soil macropores and root architecture in a shrub—encroached grassland in northern China[J]. *Soil & Tillage Research*, 2019, 187: 21—30.
- [10] Williamson C R, Campa H, Locher A B. *et al.* Applications of Integrating Wildlife Habitat Suitability and Habitat Potential Models[J]. *Wildlife Society Bulletin*, 2021, 45(1): 70—84.
- [11] 杨蕊毓, 邓錡璋, 田丽平, 等. 不同生境下川麦冬根围土壤丛枝菌根真菌多样性[J]. 西北植物学报, 2022, 42(1): 145—153.
- [12] Shan L, Song C C, Zhang X H, *et al.* Responses of Above-ground Biomass, Plant Diversity, and Dominant Species to Habitat Change in a Freshwater Wetland of Northeast China [J]. *Russian Journal of Ecology*, 2020, 51(1): 57—63.
- [13] Fontana M, Collin A, Coirchesne F, *et al.* Root System Architecture of *Salix miyabeana* “SX67” and Relationships with Aboveground Biomass Yields[J]. *Bio Energy Research*, 2019, 13: 1—14.
- [14] 鲍士旦. 土壤农化分析(第三版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [15] 张煜. 微生物菌肥对烟草品质及土壤细菌多样性影响的研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
- [16] 王英成, 芦光新, 赵丽蓉, 等. 高寒草甸退化对土壤电导率变化影响的研究[J]. 干旱区研究, 2021, 38(1): 104—113.
- [17] 郭正刚, 张自和, 肖金玉, 等. 黄土高原丘陵沟壑区紫花苜蓿品种间根系发育能力的初步研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1007—1012.
- [18] 韩颜隆, 刘晓静, 王静, 等. 施氮对不同品种紫花苜蓿根系特性和生产性能的影响[J]. 草地学报, 2022, 30(2): 379—384.
- [19] 韩志顺, 郑敏娜, 梁秀芝, 等. 干旱胁迫对不同紫花苜蓿品种形态特征和生理特性的影响[J]. 中国草地学报, 2020, 42(3): 37—43.
- [20] 张丽珍, 陈伟, 陈本建. 腐殖酸钠对紫花苜蓿根系生长及生物量的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(3): 114—120.
- [21] 潘新雅, 李军保, 陈阳, 等. 6个紫花苜蓿品种根系形态结构对低磷胁迫的响应[J]. 草地学报, 2021, 29(11): 2494—2504.
- [22] 范玉革. 苜蓿根系形态学研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2018(8): 15—16.
- [23] 卢合志. 冬小麦苗期叶面积与根系生长规律研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2004.
- [24] 李惠珍, 王天琦, 张天宇, 等. 植物多样性水平对豆禾混播群落根系形态及叶面积指数的影响[J]. 中国草地学报, 2022, 44(1): 50—57.
- [25] 高凯, 朱铁霞, 王琳, 等. 断根时间和半径对菊芋农艺性状和各器官生物量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2018, 33(4): 343—349.
- [26] 马源, 李林芝, 张德罡, 等. 退化高寒草甸优势植物根际与非根际土壤养分及微生物量的分布特征[J]. 草地学报, 2019, 27(4): 797—804.
- [27] 张义凡, 陈林, 李学斌, 等. 不同荒漠草原植被根际与非根际土壤养分及碳库管理指数特征[J]. 草业学报, 2017, 26(8): 24—34.
- [28] 李洁, 潘攀, 王长庭, 等. 三江源区不同建植年限人工草地根系动态特征[J]. 草业学报, 2021, 30(3): 28—40.
- [29] 韦兰英. 黄土高原不同演替阶段草地植被细根分布及其生态特征研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [30] 吕渡, 杨亚辉, 赵文慧, 等. 不同恢复类型植被细根分布及与土壤理化性质的耦合关系[J]. 生态学报, 2018, 38(11): 3979—3987.

- [31] Zhang C, Liu G, Sha X. *et al.* Rhizosphere soil microbial activity under different vegetation types on the Loess Plateau, China[J]. *Geoderma*, 2010, 161(3): 115–125.
- [32] 张豪睿, 付刚. 藏北高寒草甸根系生物量与碳氮分布格局及关联特征[J]. *生态学报*, 2021, 41(9): 3625–3633.

Correlation and role of alfalfa plant below-ground habitats in alpine regions with plant traits and soil properties

ZHAO Yang-an^{1,2}, LU Guang-xin^{2*}, JIN Xin², MA Kun², WANG Ying-cheng²,
YAN Hui-lin², ZHOU Xue-li³, ZHANG Hai-juan²

(1. *Beijing Goldenway Biology tech Company, Beijing 100020, China*; 2. *College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining 810016, China*; 3. *Qinghai Province Grassland Improvement Experiment Station, Gonghe 813000, China*)

Abstract: [Objective] To clarify the correlation between the spatial size of root uptake resources and alfalfa traits and soil physicochemical properties in alpine regions. [Method] Based on the Hainan Grassland Improvement Experimental Station in Qinghai Province, the study took alfalfa planted in experimental plots as the research object, analyzed the correlation relationship between factors and root absorption resource space through the method of correlation regression equations, and studied the correlation between alpine grassland alfalfa root absorption resource space on plant traits and soil properties. At the same time, based on the path analysis method, we analyze the role of soil physicochemical properties and aboveground biomass, etc. on the space of soil root uptake resources in alpine grassland. [Result] The spatial size of alpine grassland alfalfa root uptake resources ranged from 722.96~3952.78 cm³, and soil physicochemical properties (TN, TOC, NO₃⁻-N), aboveground biomass, and leaf water content were significantly positively correlated with the belowground habitat ($P < 0.05$), while stem to leaf ratio, soil conductivity, and pH ($P < 0.01$) showed significant negative correlation with the belowground habitat; and the path analysis found that soil moisture, pH, aboveground biomass, and organic carbon (TOC) had strong direct effects on alfalfa subsurface habitat, and total nitrogen (TN) had indirect effects on root subsurface habitat through nitrate nitrogen (NO₃⁻-N). [Conclusion] In summary, the expansion of alfalfa root uptake resource space in alpine grassland is affected by the combination of soil physicochemical characteristics and aboveground biomass.

Key words: alpine grassland; plant below-ground habitat; alfalfa; soil physical and chemical properties