

阿鲁科尔沁旗沙地不同种植年限苜蓿根系形态研究

陈永岗, 杨正荣, 郭天斗, 柴锦隆, 王 军, 吴召林, 马晓东, 安雅君, 陈本建
(甘肃亚盛农业研究院有限公司, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 在阿鲁科尔沁旗沙地研究了不同种植年限苜蓿根系形态及地下生物量变化。结果表明, 随着种植年限的增加, 苜蓿主根长度和侧根数量呈先增加后降低的趋势, 种植3 a的主根长度和侧根数量均最多, 主根长度较种植当年长45.53% ($P < 0.05$), 侧根数量较种植当年的增加42.01% ($P < 0.05$); 苜蓿根颈直径不断增粗, 较种植当年增加70.27%, 增加显著。0~10 cm土层的地下生物量呈先增加后降低趋势, 种植2 a的地下生物量鲜重最大, 较种植当年增加12.00% ($P < 0.05$), 然后随种植年限的增加逐渐降低。

关键词: 苜蓿; 不同种植年限; 地下生物量; 根系形态

中图分类号: S541 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)08-0053-06

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.08.013

Root Morphology of Alfalfa with Different Years in Arhorchin Banner Sandy Land

CHEN Yonggang, YANG Zhengrong, GUO Tiandou, CHAI Jinlong, WANG Jun, WU Zhaolin, MA Xiaodong, AN Yajun, CHEN Benjian

(Gansu Yasheng Agricultural Research Institute Co. Ltd, Lanzhou Gansu 73000, China)

Abstract: A study was conducted to determine the root morphology and underground biomass of alfalfa with different planting years in Arhorchin Banner. The results showed that with the increase of planting years the length of taproots and the number of lateral roots increased first and then decreased, and both reached the maximum at 3

收稿日期: 2021-04-19

作者简介: 陈永岗(1988—), 男, 甘肃定西人, 硕士, 研究方向为草种质资源与育种。联系电话: (0)17393154652。Email: 1547558857@qq.com。

通信作者: 陈本建(1957—), 男, 吉林镇赉人, 副教授, 硕士生导师, 研究方向为牧草栽培及草产品加工。联系电话: (0)13321281718。Email: bjc5381@gsau.edu.cn。

- 密度试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2009(12): 27-29.
- [2] 李雪瑛. 庄浪县宽幅匀播冬小麦新品种(系)引种试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2017(5): 33-35.
- [3] 石玉章. 栽培方式对旱地冬小麦及土壤水分的影响[J]. 甘肃农业科技, 2016(2): 42-45.
- [4] 王德刚. 小麦宽幅匀播技术要点及注意事项[J]. 现代农业科技, 2015(18): 64-68.
- [5] 刘广才, 陈翠贤, 张廷龙, 等. 甘肃省冬小麦宽幅精播栽培技术规程[J]. 甘肃农业科技, 2013(11): 67-68.
- [6] 韩玉平. 平凉市旱地冬小麦宽幅精准匀播密度试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2016(2): 54-56.
- [7] 鲁爱军. 天水市小麦条锈病春季流行特点及主要影响因子[J]. 甘肃农业科技, 2021, 52(5): 23-26.
- [8] 杨文雄. 甘肃小麦生产技术指导[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.

(本文责编: 陈 伟)

years of planting. Compared with the plants in the same year, the length of taproots significantly longer than 1 year was 45.53% ($P < 0.05$) and the number of lateral roots was 42.01% ($P < 0.05$). The root neck diameter of alfalfa was thickened continuously, which was 70.27% thicker than that of alfalfa in planting 1 year. In the 0–10 cm soil layer, the underground biomass were first increased and then decreased. The fresh weight of the underground biomass reached the maximum at planting 2 years, which was significantly heavier than that of 12.00% in planting 1 year ($P < 0.05$), and then decreased gradually with the increase of planting years.

Key words: Alfalfa; Different planting years; Below ground biomass; Morphology of root system

近年来,随着我国牧草产业在“粮经饲”种植结构比例中的不断加大^[1],“中国草都”内蒙古赤峰市阿鲁科尔沁旗沙地苜蓿种植区面积不断增大。但由于该地区特殊地理位置及气候条件,苜蓿越冬难,成为限制该地区苜蓿产量的主要因素,研究解决该地区苜蓿越冬难问题显得尤为重要。生物量作为植物生长的基础和营养物质来源,可以反映植物对有机物质和能量的积累情况^[2]。植物通过生物量分配将周围环境中获得的营养物质通过库源结构储存于根、茎、叶、花、果等器官,供植物生长所用^[3]。植物生物量分配与自身特性及生长环境条件有关^[4],在不同生长条件下表现不同的生长特性和物质分配规律^[5]。根系是植物吸收、转化、储存营养和水分的重要器官,具有支持植株和释放分泌物的功能^[6],其生长的健康与否直接影响植物的生物量和对环境的适应能力^[7]。根系会随植株生长向下延伸至深层土壤中,侧根不断向四周扩散生长,继而获得更多营养和水分,在特定生长环境下呈现出特定的根系形态。根系将从土壤中获取的营养物质传递给地上部分,又将光合产物输送到根部,供根系生长发育^[8]。苜蓿根系形态对其生物固氮、水分利用效率、抗寒性,生产性能及持久性等起着重要作用^[9]。当环境条件变化时,植物通过调控根系形态,以此来适应环境条件的改变^[10]。我们在大田条件下进行了阿鲁科尔沁旗不同种植年限苜蓿根系形态和地下生物量研究,以期为该地区制定合理的苜蓿栽培技术措

施,提高越冬率以及产量质量提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验地位于阿鲁科尔沁旗田园牧歌草业有限公司一期,不同种植年限苜蓿喷灌圈(北纬43° 33' 56",东经120° 13' 6"左右),平均海拔350 m。年平均降水量300~400 mm,属半干旱地区,为温带半干旱大陆性季风气候区。试验地土壤类型主要为风沙土,年日照时数2 760~3 030 h,极端最高气温40.6 °C,极端最低气温-32.7 °C,年均气温6 °C,≥10°C有效积温3 080 °C,年降水量200 mm左右,无霜期95~140 d。

1.2 供试材料及取样

2020年11月中旬在不同种植年限(1、2、3、4、5、6 a)苜蓿地随机取1 m²(1 m×1 m)样方,挖取苜蓿全根,3次重复。用自来水将苜蓿根冲洗干净,并用吸水滤纸将根系表面水分吸去,带回室内测定根系表型性状及干鲜重。

1.3 测定项目与方法

根系性状按刘志英等^[11]的方法测定。用游标卡尺测量苜蓿主根根颈膨大处,记为根颈直径;主根长度是指根颈以下主根的总长度;侧根数(lateral root number, LRN)是指主根上的所有分支数(侧根离主根0.5 cm处d≥0.1 cm时可计入,小于0.1 cm时不计入);侧根位置是指从地表到根颈最近的侧根的位置。

地下生物量分层测定方法:将上述样品剪去地上部分,分别称量地下(0~10 cm、

表1 苜蓿不同种植年限不同土层的地下生物量分布

种植年限 /a	鲜重/(g/m ²)			干重/(g/m ²)		
	0~10 cm 土层	10~20 cm 土层	>20 cm 土层	0~10 cm 土层	10~20 cm 土层	>20 cm 土层
1	435.23±2.87b	114.67±6.49ab	62.40±8.48a	213.13±3.09b	61.87±4.78a	38.03±5.54b
2	487.50±8.20a	125.30±4.10a	60.03±2.57a	237.57±3.31a	67.13±3.04a	36.30±2.13b
3	396.43±8.33c	104.10±9.58ab	79.13±13.55a	211.83±4.05bc	71.30±7.88a	59.73±9.86a
4	395.63±5.60c	98.43±5.80b	80.37±3.15a	206.90±9.51bc	65.70±10.65a	49.17±4.33ab
5	371.07±5.67d	107.93±8.18ab	80.87±3.08a	203.37±4.75bc	76.10±7.22a	60.93±5.50a
6	365.07±7.02d	118.27±3.62ab	67.67±3.24a	194.40±6.75c	67.23±3.81a	47.07±6.00ab

10~20 cm、>20 cm土层)部分鲜重,并在105℃下杀青,然后置于65℃烘箱中烘干,称量不同分层的干重。

1.4 数据处理

采用Excel 2010软件进行数据处理和作图,IBM SPSS 19.0进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植年限下不同土层的地下生物量

从表1可以看出,0~10 cm土层,种植2 a的苜蓿地下部鲜干重显著高于其他种植年限($P<0.05$),鲜重达487.50 g/m²,较种植1、3、4、5、6 a分别高52.27、91.07、91.87、116.43、122.43 g/m² ($P<0.05$);干重达237.57 g/m²。10~20 cm土层,地下部鲜重种植2 a的显著高于种植4 a的($P<0.05$),与其他种植年限相比差异均不显著($P>0.05$);干重各种种植年限之间差异均不显著($P>0.05$)。>20 cm土层,鲜重各种种植年限之间差异均不显著($P>0.05$);种植3 a和5 a的干重分别为59.73、60.93 g/m²,显著高于种植1、2 a ($P>0.05$)。说明不同种植年限的沙地苜蓿地下生物量主要分布在0~10 cm土层,其次为10~20 cm土层和>20 cm土层,且随种植年限的增加,0~10 cm土层生物量呈先增加后减少的趋势。

2.2 不同种植年限下的苜蓿主根长

由图1可知,种植3 a的苜蓿主根最长,达52.56 cm,显著长于其他种植年限($P<0.05$),较种植1、2、4、5、6 a分别高45.53%、31.15%、6.91%、6.41%、5.92%。

种植1~3 a时,随着种植年限的增加,苜蓿根长逐渐增长;种植4~6 a时,苜蓿主根不再向下生长。

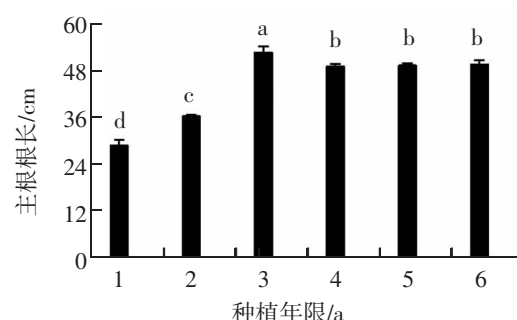


图1 不同种植年限的苜蓿主根长度

2.3 不同种植年限下的苜蓿侧根位置

由图2可知,不同种植年限的苜蓿侧根生长位置差异不显著($P>0.05$),种植1 a的侧根位置最深,为2.17 cm,较种植2、3、4、5、6 a分别深27.19%、12.9%、27.65%、3.23%、14.75%。不同种植年限苜蓿侧根主要在距地表1.5~2.5 cm处着生。

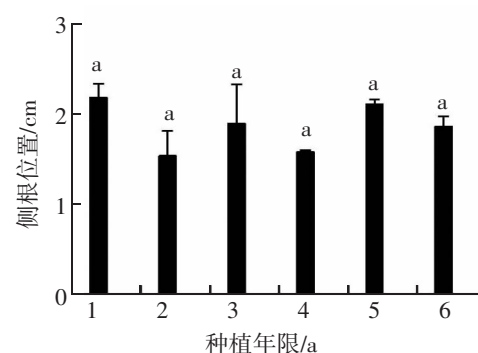


图2 不同种植年限的苜蓿侧根位置

2.4 不同种植年限下的苜蓿根颈直径

如图3所示,随着种植年限的增加,苜蓿根颈直径逐渐增大,种植6 a时根颈直径

最长, 达 12.58 mm, 与种植 5 a 的相比差异不显著($P>0.05$), 与其余种植年限相比差异均显著($P<0.05$), 较种植 1、2、3、4 a 分别高 70.27%、28.3%、13.35%、12.16%。说明, 随着种植年限的增加, 苜蓿根颈直径不断增大。

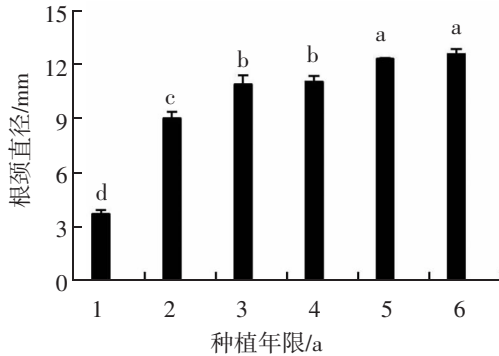


图 3 不同种植年限的苜蓿根颈直径

2.5 不同种植年限下的苜蓿侧根数量

如图 4 所示, 种植 3 a 时苜蓿侧根数量最多, 为 8 个; 显著多于其他种植年限($P<0.05$), 较种植 1、2、4、5、6 a 分别多 42.01%、9.80%、16.11%、14.09%、14.77%。当年种植苜蓿侧根数量最少, 为 4 个, 显著少于其他种植年限($P<0.05$)。当种植年限超过 3 a 时, 沙地苜蓿侧根数量不再增加。

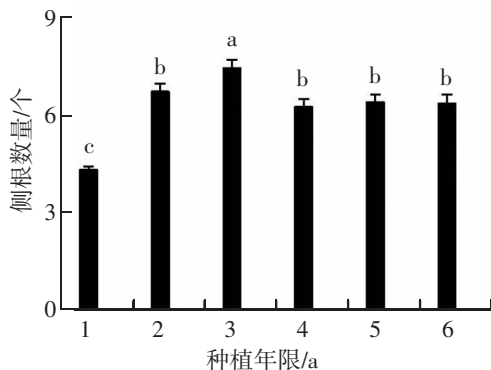


图 4 不同种植年限的苜蓿侧根数量

3 结论与讨论

研究表明, 随着种植年限的增加, 苜蓿主根长度和侧根数量呈先增加后降低的趋势, 种植 3 a 的主根长度和侧根数量均为最大。主根长度显著大于种植当年, 增幅达 45.53% ($P<0.05$); 侧根数量也显著大于种

植当年的, 增幅达 42.01% ($P<0.05$)。苜蓿根颈不断增粗, 较种植当年增加显著, 达 70.27%。0~10 cm 土层的地下生物量呈先增加后降低趋势, 种植 2 a 的地下生物量鲜重最高, 较种植当年增加 12.00% ($P<0.05$), 然后随种植年限的增加逐渐降低。

植物地下生物量的积累, 是植物获取营养物质能力高低的一个重要标志, 其在植物根系各组织中的分配不仅受基因、生长阶段的影响, 同时还受外界环境的限制^[12-13]。地下生物量可以反应植物在整个生育期内受环境中主导因子的影响程度, 同时也可以说明该植物在生长环境下根系的生长能力^[14]。本研究发现, 不同种植年限苜蓿的地下生物量主要分布在 0~10 cm 土层, 这与李扬等^[15]的结果一致; 但同时发现, 当种植年限超过 2 a 时, 随着种植年限的增加, 地下生物量逐渐降低, 这可能是水肥管理导致, 因为试验区的土壤水肥主要分布在地表, 导致苜蓿根系主要分布在土壤上层, 地下深处营养物质较少, 根系少向地下深处生长, 导致部分根系在冬季被冻死、腐烂, 从而使地下生物量随着生长年限的增长而降低, 具体机制有待研究。生物量的分配情况可反映植物在不同环境下的生存和适应策略, 当水分和营养条件发生变化时, 地上和地下生物量分配比例也将随之改变^[16-17]。本研究中, 苜蓿的地下生物量的垂直分布呈现 0~10、10~20、>20 cm 土层逐层降低的趋势, 这可能是由于不同年份的环境有所不同, 苜蓿通过调节生物量在各器官中的分配, 以此来适应外界环境变化, 继而最大程度地利用水分及营养物质, 维持其正常生长^[18], 因而表现出特定的地下生物量分配规律。

苜蓿为多年生豆科牧草, 其根系为直根系^[19], 是苜蓿养分和水分吸收、运输、储存的主要部位^[20], 也是对环境变化最敏感的部位之一^[21]。根系感受环境因子, 通过

信号传导继而调整自身的生理状态,并通过代谢途径和方向的改变来影响不同产物在不同器官中的分配比例,最终影响根系生长,并从形态和分布上来适应环境变化^[22]。本研究发现,在1~3 a内,随着种植年限的增加,苜蓿主根长度及侧根数量不断增加,这与郑敏娜等^[23]的结果基本一致;4~6 a基本保持不变,这可能是因为试验区使用喷灌灌溉致水肥主要分布在上层土壤,营养物质不能到达深层土壤,为了获得充足的营养物质,主根不再向下生长,而使侧根数增加,以获得更多的养分来适应环境。苜蓿侧根数量的变化与抗寒性有密切关系^[24],侧根数较多的苜蓿品种和品系具有较强的抗寒性^[25]。根颈作为苜蓿联系地上部和地下部的枢纽,在冬季是苜蓿最上部的休眠器官,为冻害的最敏感部位^[26],对其越冬和春季返青至关重要。本研究发现,随着种植年限的增加,苜蓿根颈直径不断增大。刘志英等^[11]的研究也发现紫花苜蓿随着根颈直径的逐步增大,越冬率呈逐渐升高的趋势。侧根的发生部位,可以反映苜蓿利用土壤水分、养分和微量元素的立体分异性,侧根的发育水平对苜蓿根系影响较大^[15]。本研究还发现,种植当年的苜蓿侧根位置距地面最远。刘志英等^[11]的发现随着侧根位置距地表越远,紫花苜蓿越冬率呈下降趋势,是由于越冬前地上营养物质向地下转移呈逐级递减的垂直分布规律,导致侧根越深吸收的营养物质越少,继而不利于其越冬,这可能是种植当年苜蓿越冬率低的原因。强大的苜蓿根系不仅可以获取更多的水肥资源,而且其生长状况直接影响地上生物量,改善苜蓿地上部分的光合能力,有利于其干物质的积累,从而使苜蓿获得较高产量^[27]。根系的生长状况,是苜蓿建植整体健康的根基,是越冬能力评价中不可缺少的一部分^[28],因此,根系发育特征是研究苜蓿越冬情况的先决条件,是

苜蓿水分和养分管理、刈割和利用的基本依据^[29]。总之,地下生物量是植株生长状况的直观反应,而根系是植物吸收、转化、储藏营养物质和固定支持植株的重要器官^[30],其生长状况的好坏直接影响地上部分的产量和越冬能力^[31]。

参考文献:

- [1] 于康震. 适应新形势抓住新机遇开创“十三五”草牧业发展新局面[J]. 草地学报, 2016, 24(4): 715-717.
- [2] 李浪, 李义博, 马全会, 等. 水分驱动下茵陈蒿(*Artemisia capillaris* Thunb.)地上生物量模型与异速生长特征[J]. 生态学杂志, 2020, 39(1): 337-348.
- [3] 金文云. 猴耳环人工林地上部分生物量估测及其分配特征研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2018.
- [4] 种培芳, 贾向阳, 田艳丽, 等. 荒漠植物红砂地上和地下生物量分配关系对大气CO₂浓度升高及降水量变化的响应[J]. 草地学报, 2019, 27(6): 1537-1544.
- [5] 夏霖辉, 赵秋玲, 王大伟. 密度对连香树幼苗生长及生物量的影响[J]. 甘肃农业科技, 2011(6): 38-40.
- [6] 徐国伟, 常二华, 陈明灿, 等. 根系分泌物对水稻及其他作物生长与品质影响[J]. 湖北农业科学, 2011, 50(23): 4757-4760.
- [7] 许璐璐, 王涵, 高盼盼, 等. 环境胁迫对植物根系形态的影响[J]. 安徽农业科学, 2020, 48(14): 16-19.
- [8] 王邵军. “植物-土壤”相互反馈的关键生态学问题: 格局, 过程与机制[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2020, 44(2): 1-9.
- [9] 史纪安, 刘玉华, 韩清芳, 等. 不同休眠级数的紫花苜蓿品种根系发育能力研究[J]. 西北农业学报, 2009, 18(4): 149-154.
- [10] 李淑钰, 李传友. 植物根系可塑性发育的研究进展与展望[J]. 中国基础科学, 2016, 18(2): 14-21.
- [11] 刘志英, 李西良, 李峰, 等. 越冬紫花苜蓿根系性状与休眠性的关系及其抗寒效应[J].

- 中国农业科学, 2015, 48(9): 1689-1701.
- [12] 王伟峰, 段玉玺, 李少博, 等. 毛乌素沙地3种典型灌木生物量分配与土壤含水量特征[J]. 西部林业科学, 2018, 176(3): 49-53.
- [13] 陈国鹏, 赵文智, 何世雄, 等. 沙柳(*Salix psammophila*)丛生枝生物量最优分配与异速生长[J]. 中国沙漠, 2016, 36(2): 357-363.
- [14] 范玉革. 苜蓿根系形态学研究进展[J]. 现代畜牧科技, 2018, 37(8): 15-16.
- [15] 李扬, 孙洪仁, 沈月, 等. 紫花苜蓿根系生物量垂直分布规律[J]. 草地学报, 2012, 20(5): 793-799.
- [16] 单立山, 李毅, 段桂芳, 等. 模拟降雨变化对两种荒漠植物幼苗生长及生物量分配的影响[J]. 干旱区地理, 2016, 39(6): 1267-1274.
- [17] 马文红, 杨元合, 贺金生, 等. 内蒙古温带草地生物量及其与环境因子的关系[J]. 中国科学, 2008, 38(1): 84-92.
- [18] 王亚东, 焦健, 苏德荣. 调亏度及调亏历时对苜蓿生物量分配与水分利用效率的影响[J]. 草地学报, 2017, 25(6): 1287-1293.
- [19] 康俊梅, 杨青川, 郭文山, 等. 北京地区10个紫花苜蓿引进品种的生产性能研究[J]. 中国草地学报, 2010, 32(6): 5-10.
- [20] MARQUEZORTIZ J J, JOHNSON L D, BARNES D K, et al. Crown morphology relationships among alfalfa plant introductions and cultivars[J]. Crop Science, 1996, 36(3): 766-770.
- [21] CHEN C W, YANG Y W, LUR H S, et al. A novel function of abscisic acid in the regulation of rice (*Oryza sativa* L.) root growth and development[J]. Plant and Cell Physiology, 2006, 47(1): 1-13.
- [22] 郭正刚, 王锁民, 张自和. 紫花苜蓿品种间根系发育过程分析[J]. 应用与环境生物学报, 2003, 9(4): 367-371.
- [23] 郑敏娜, 韩志顺, 梁秀芝, 等. 不同生长年限紫花苜蓿根系形态特征分析[J]. 中国草地学报, 2019, 41(6): 60-66.
- [24] 罗云, 王天河. 提高河西地区苜蓿越冬性的几点技术措施[J]. 甘肃农业科技, 2007, 6(4): 56.
- [25] SMITH D. Root branching of alfalfa varieties and 6 strains[J]. Agronomy Journal, 1951, 43(11): 573-575.
- [26] 张宝田, 穆春生, 李志坚, 等. 紫花苜蓿受冻害后促进根颈枝条再生方法的研究[J]. 中国草地, 2003, 25(5): 48-51.
- [27] 徐丽君, 孙启忠, 辛晓平, 等. 不同生长年限敖汉苜蓿生理生化特性研究[J]. 草原与草坪, 2010, 30(5): 15-19.
- [28] 武伟, 宋彦涛, 杨季云, 等. 不同秋眠等级苜蓿品种建植当年根系和根颈生长特性研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2019(21): 98-102.
- [29] 周霞, 魏杨, 李东嵘, 等. 黄土区紫花苜蓿根系对土体抗剪性能的影响[J]. 中国水土保持科学, 2019, 17(2): 57-63.
- [30] 马忠明, 陈娟, 刘婷婷, 等. 水氮耦合对固定道垄作栽培春小麦根长密度和产量的影响[J]. 作物学报, 2017, 43(11): 1705-1714.
- [31] 吕宁, 朱爱民, 张玉霞, 等. 不同播种时期对秋末苜蓿根颈生理生化特性的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2019, 34(4): 325-330.

(本文责编: 杨杰)

百年征程

波澜壮阔

百年初心

历久弥坚