

干旱胁迫对不同根型苜蓿根系生理特性及解剖结构的影响

汪堃, 陈洁, 李景峰, 魏少萍, 梁鹏飞, 刘鑫, 南丽丽*

(甘肃农业大学草业学院, 草业生态系统教育部重点实验室, 甘肃省草业工程实验室, 中-美草地畜牧业可持续发展研究中心, 甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】揭示不同根型苜蓿幼苗根系对干旱胁迫的响应和调控机制。【方法】采用沙培盆栽法,以根茎型清水紫花苜蓿、直根型陇东紫花苜蓿、根蘖型工农4号杂花苜蓿为试验材料,设置对照(CK)、中度(M)和重度(S)3种干旱处理,研究干旱胁迫对不同根型苜蓿根系生理特性和解剖结构的影响。【结果】随干旱胁迫加剧,各根型苜蓿根系可溶性蛋白、可溶性糖、脯氨酸和MDA含量及SOD、POD、CAT活性绝大部分显著升高,其中清水紫花苜蓿根系MDA含量增幅相对较小,这与增加渗透调节物质(脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白)和抗氧化保护酶系统(POD、SOD、CAT)有关,且各根型苜蓿幼苗期对脯氨酸、可溶性糖、POD和SOD的响应更敏感;各根型苜蓿根系木质部面积、韧皮部面积、木质部导管数量、导管面积、导管直径均随干旱胁迫程度加剧显著增加,而皮层厚度大多显著减小。【结论】各根型苜蓿幼苗期根系通过对渗透调节物质、抗氧化保护酶和根系内部解剖结构的调节来维持自身的正常生理代谢功能,抵抗一定的水分亏缺。

关键词:根型;苜蓿;干旱胁迫;生理特性;解剖结构

中图分类号:S548 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)03-0132-06

DOI:10.13817/j.cnki.cycp.2023.03.017



干旱是限制植物分布、生长发育的主要环境因素之一。根系是植物进行水分和矿质元素吸收、转化和贮藏营养物质的重要器官,其作为与土壤直接接触的器官,能最先感知水分亏缺并通过一系列生理生化反应等来应对干旱胁迫^[1]。苜蓿(*Medicago*)作为豆科牧草,具有发达的根系系统,能够吸收较深层的土壤水分,是畜牧业生产中不可或缺的植物蛋白资源,也是我国当前草地农业和生态建设工程中应用最广泛的草种^[2]。然而,我国干旱和半干旱地区的面积约占国土面积的52.5%^[3],日益加剧的干旱对苜蓿的种植面

积和产量构成了严重威胁。

干旱胁迫对作物根系的生理影响主要包括:根系渗透调节作用、保护酶系统、胁迫蛋白产生、膜结构与功能的变化及根系激素含量变化等^[4]。干旱胁迫时,作物根系主动积累有机物(如脯氨酸、可溶性蛋白和可溶性糖等)或无机质(如 K^+ 、 Na^+ 和 Cl^- 等)使胞液浓度提高,降低渗透势,维持膨压,使水分保留在细胞中^[5];通过提高超氧化物歧化酶(SOD)、过氧化氢酶(CAT)、过氧化物酶(POD)等多种抗氧化酶活性及相关基因的表达,降低干旱导致的活性氧积累,保护细胞膜结构与功能^[6]。植物根系解剖结构对干旱胁迫的适应性特征是重要的根系抗旱表型指标^[7],与生理功能关系密切^[8]。根系解剖结构对干旱胁迫的响应主要通过输导组织、木质化程度及其表皮的附属结构的变化实现^[9]。

苜蓿的根系类型可划分为直根型(tap rooted)、侧根型(branch rooted)、根蘖型(creeping rooted)和根茎

收稿日期:2021-12-16;修回日期:2021-12-27

基金项目:国家自然科学基金(32160327);甘肃省重点研发计划项目(20YF3FA011)

作者简介:汪堃(1995-),男,甘肃庆阳人,硕士研究生。

E-mail:1637529121@qq.com

*通信作者。E-mail:nanll@gsau.edu.cn

型(rhizomatous rooted)4类^[10]。直根型苜蓿基因源主要来自于紫花苜蓿(*Medicago sativa*),根茎型、侧根型和根蘖型苜蓿都不同程度地具有野生黄花苜蓿(*Medicago falcata*)的基因,其对干旱^[11]、严寒^[12-13]的抵抗力较强。干旱胁迫对不同根型苜蓿叶片生理特性的影响已有报道^[11],而其对不同根型苜蓿根系生理及解剖结构的影响鲜见报道。因根系生理特性反映了植物抗旱的生理基础^[2,14],根系解剖结构是植物对外界环境适应的直接体现^[15]。为此,本试验于幼苗期设置干旱胁迫处理,比较不同干旱程度对各根型苜蓿根系生理及解剖结构的影响,为揭示各根型苜蓿幼苗根系干旱胁迫的响应和调控机制奠定基础。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试品种为根茎型清水紫花苜蓿(rhizomatous rooted *M. sativa* cv. Qingshui, QS),系野生栽培驯化品种,兼具突出的生态地被和优质饲用价值;直根型陇东紫花苜蓿(tap rooted *M. sativa* cv. Longdong, LD),系地方品种,耐旱性较强;根蘖型工农4号杂花苜蓿(creeping rooted *M. varia* cv. Martin Gongnong No. 4, GN),其根系强大,扩展性强,适宜水土保持、防风固沙、护坡固土。GN的种子由吉林省农科院提供,其余均由甘肃农业大学草业学院提供。

1.2 试验设计

试验于2020年6月在甘肃农业大学草业学院植物生长室进行,采用沙培盆栽试验,选用12 cm(高)×9.2 cm(盆底直径)塑料盆为试验用盆,每盆装用去离子水洗净、105 °C恒温干燥箱烘48 h后的河沙1 kg,挑选饱满、大小均匀、无病虫害的苜蓿种子35粒,将消毒(0.1%的HgCl₂溶液)并清洗干净后的苜蓿种子均匀撒播在花盆中并覆沙1~2 cm,每盆定量浇灌300 mL Hoagland营养液,待长出两片真叶时进行间苗,每盆留苗18株。于幼苗生长至第42天开始干旱胁迫。试验采用两因素完全随机设计,因素A为3个不同根型苜蓿品种;因素B为不同水分处理,分别为对照(Control, CK)、中度(Medium, M)和重度(Severe, S)水分胁迫,3个处理的土壤含水量分别为河沙最大持水量的65%~75%、45%~55%和25%~35%^[16],即不同处理每隔2 d分别浇灌257、128、77 mL Hoagland营养

液,每个处理重复3次,共27盆。处理20 d后采集苜蓿幼苗根系,测定各项指标。

1.3 根系生理特性测定

根系游离脯氨酸(Pro)、可溶性蛋白(SP)、可溶性糖(SS)和MDA含量及SOD、POD、CAT活性分别采用酸性茚三酮比色法、考马斯亮蓝G-250染色法、蒽酮比色法、硫代巴比妥酸法、氮蓝四唑光化还原法、愈创木酚氧化法、高锰酸钾滴定法测定^[17]。

1.4 根系解剖结构观察

参照李和平^[18]的方法制作石蜡切片观察苜蓿幼苗主根的解剖结构。用蒸馏水洗净根系样品,滤纸吸干水分后切成3 mm小段,以FAA固定液(90 mL 50%乙醇+5 mL 38%甲醛+5 mL 冰乙酸)固定。采用徕卡轮转式切片机(LEICA, Germany)连续切片(厚8 μm),番红/固绿双重染色,使用生物光学显微镜(Motic Panthera U)观察石蜡切片中苜蓿根系维管束结构并拍照,用Motic Images Plus 3.0软件测算木质部面积、韧皮部面积、原生木质部导管数量、导管直径和皮层厚度。每个处理取3个样本,每个样本随机选取10个视野,取平均值。

1.5 数据分析

用Excel 2007进行试验数据处理,用SPSS16.0统计软件进行方差分析,不同处理之间的差异采用Duncan's方法进行比较。

2 结果与分析

2.1 干旱胁迫对不同根型苜蓿根系生理指标的影响

由表1可知,随胁迫程度增加,除了LD苜蓿的3个处理SP差异不显著外,各根型苜蓿的SP、SS、Pro、MDA、SOD、POD及CAT均显著增加($P<0.05$),重度胁迫下,QS、LD、GN的SP含量较CK分别增加了13.54%、4.26%和11.77%($P<0.05$),SS较CK分别上升了246.84%、269.51%和81.16%($P<0.05$),Pro较CK分别升高了1523.37%、394.31%和179.34%($P<0.05$),MDA较CK分别增长了9.68%、175.94%和63.49%($P<0.05$),SOD较CK分别提高了73.71%、23.71%和32.24%($P<0.05$),POD较CK分别增多了129.94%、85.15%和30.41%($P<0.05$),CAT较CK分别升高了20.41%、29.61%和23.79%($P<0.05$),且QS的POD活性显著大于

LD和GN($P<0.05$),MDA显著低于LD和GN($P<0.05$);GN的SS和Pro含量显著大于QS、LD($P<0.05$);LD的CAT活性显著高于QS和GN($P<0.05$),而SOD活性显著小于QS、LD($P<0.05$)。

表1 干旱胁迫下不同根型苜蓿根系生理特性

Table 1 Effects of root physiological characteristics of different root-type alfalfa under drought stress

处理	SP/(mg·g ⁻¹)	SS/(mg·g ⁻¹)	Pro/(μg·g ⁻¹)	MDA/(mol·mg ⁻¹)	SOD/(U·g ⁻¹)	POD/(U·g ⁻¹)	CAT/(U·g ⁻¹)
QS. CK	30.04±0.51 ^d	9.73±0.46 ^e	77.79±5.48 ⁱ	34.18±3.92 ^d	295.39±7.41 ^f	100.00±2.26 ^e	9.83±0.17 ^e
QS. M	33.47±0.33 ^c	15.00±0.53 ^f	129.13±6.87 ^h	34.75±2.03 ^d	396.25±6.52 ^d	136.45±4.11 ^d	10.89±0.26 ^d
QS. S	34.10±0.66 ^c	33.74±0.37 ^b	1262.75±8.67 ^b	37.49±3.79 ^c	513.13±6.67 ^a	229.94±8.03 ^a	11.84±0.94 ^c
LD. CK	37.41±0.44 ^a	7.94±0.79 ^e	238.26±5.91 ^g	19.08±5.59 ^e	417.15±4.03 ^c	109.61±3.30 ^f	10.66±0.10 ^d
LD. M	38.06±0.19 ^a	17.67±0.22 ^e	537.35±4.92 ^e	32.58±6.09 ^d	431.43±8.66 ^b	140.40±5.75 ^d	11.96±0.17 ^c
LD. S	39.01±0.54 ^a	29.34±2.04 ^c	1177.72±2.73 ^c	52.66±4.21 ^a	516.05±7.63 ^a	202.93±4.84 ^b	13.81±0.10 ^a
GN. CK	33.97±0.90 ^c	24.16±0.48 ^d	481.45±8.16 ^f	30.82±4.45 ^d	277.05±6.82 ^e	116.23±5.39 ^e	10.10±0.34 ^c
GN. M	36.27±1.04 ^b	31.13±2.97 ^c	1086.75±4.03 ^d	48.46±1.79 ^b	287.78±5.00 ^f	147.49±5.98 ^c	10.17±0.17 ^e
GN. S	37.97±1.41 ^a	43.76±1.31 ^a	1344.90±7.03 ^a	50.39±2.83 ^a	366.37±2.87 ^e	151.57±6.82 ^c	12.51±0.17 ^b

注:数据为平均值±标准差(n=3),同列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2 干旱胁迫对不同根型苜蓿根系解剖结构的影响

由表2可知,各根型苜蓿木质部面积、韧皮部面积、木质部导管数量、导管面积、导管直径均随胁迫程度加剧呈增加趋势。重度胁迫下,QS、LD、GN的木质部面积较CK分别增加了92.55%、268.04%和83.41%($P<0.05$),韧皮部面积较CK分别提高了40.83%、85.64%和24.65%($P<0.05$),木质部导管数量较CK分别增多了33.48%、90.51%和62.77%($P<0.05$),木质部导管面积较CK分别增长了33.43%、50.58%

和24.69%($P<0.05$),导管直径较CK分别增加了15.72%、23.12%和16.41%($P<0.05$),且QS的木质部导管数量显著高于LD和GN($P<0.05$),LD的木质部面积、导管面积和导管直径显著大于QS和GN($P<0.05$),GN的韧皮部面积显著大于QS和LD($P<0.05$)。QS的皮层厚度随胁迫程度增加有减小的趋势($P>0.05$),LD、GN的皮层厚度随胁迫程度增加先增加后减小($P<0.05$);重度胁迫下,QS、LD、GN的皮层厚度分别是CK的0.95、0.94、0.99倍。

表2 干旱胁迫下不同根型苜蓿根系解剖结构

Table 2 Effects of anatomic structure of different root-type alfalfa under drought stress

处理	木质部面积/μm ²	韧皮部面积/μm ²	导管数量	导管面积/μm ²	导管直径/μm	皮层厚度/μm
QS. CK	19845.63±8.33 ^f	71336.25±8.35 ^f	46.60±2.07 ^b	4782.49±50.97 ^d	78.03±0.42 ^d	83.16±3.93 ^d
QS. M	27882.50±9.84 ^e	93559.38±24.88 ^{de}	58.40±3.97 ^a	5733.78±52.24 ^c	85.42±1.88 ^c	82.75±6.34 ^d
QS. S	38213.13±7.44 ^c	100463.13±18.77 ^c	62.20±1.48 ^a	6424.12±86.5 ^b	90.30±0.47 ^b	79.04±6.95 ^d
LD. CK	20194.38±10.01 ^f	49389.38±13.5 ^b	27.40±4.72 ^c	4436.02±73.4 ^e	74.90±0.84 ^e	93.91±4.89 ^b
LD. M	49269.38±19.37 ^b	64253.75±23.43 ^e	43.80±6.87 ^b	5801.21±24.24 ^c	85.94±0.92 ^c	98.70±6.49 ^a
LD. S	74323.13±12.25 ^a	91688.13±10.81 ^c	52.20±3.35 ^{ab}	6679.72±16.19 ^a	92.22±0.8 ^a	88.61±6.94 ^c
GN. CK	25051.25±12.11 ^e	96642.50±33.47 ^d	27.40±1.67 ^c	3468.18±67.26 ^f	63.56±2.64 ^g	88.77±8.21 ^c
GN. M	36630.00±28.72 ^d	106534.38±37.74 ^b	32.50±9.42 ^c	4185.47±19.02 ^e	69.25±1.05 ^f	100.51±8.24 ^a
GN. S	45945.63±14.36 ^b	120468.75±20.28 ^a	44.60±19.37 ^b	4324.49±43.24 ^e	73.99±0.62 ^e	87.68±5.79 ^c

图 1 显示,干旱胁迫下各根型苜蓿根系解剖结构发生了一定程度的改变。重度胁迫下,与 CK 相比, QS、LD、GN 的木质部导管直径和导管数量明显增加,且 LD 增加最为显著,GN 最小,导管增加使木质部更为发达。重度胁迫下,皮层薄壁组织细胞形状发生了改变,彼此堆积挤压呈不规则形状,以 LD 和 GN 表现最为明显。随着干旱胁迫的增加,LD 在重度水分胁迫下根系表皮出现不规则凹陷。

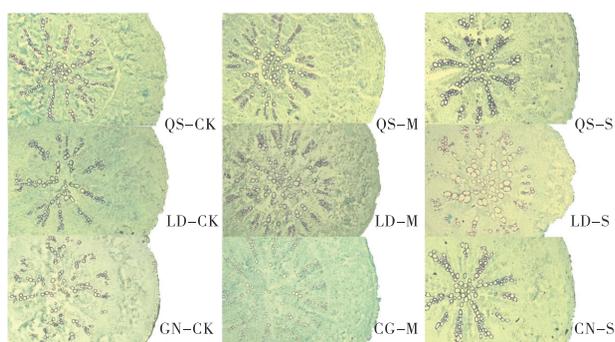


图 1 干旱胁迫下不同根型苜蓿主根解剖结构的变化
($\times 100$) 标尺=100 μm

Fig. 1 Changes on taproot anatomical structures of different root-type alfalfa under drought stress ($\times 100$)
scale bar=100 μm

3 讨论

膜脂过氧化产物 MDA,是判断植物受胁迫程度的重要指标,其值越高,植物受到损伤的程度越大^[19]。本研究表明,干旱胁迫下各根型苜蓿根系中 MDA 含量随胁迫程度的加剧而显著增加,但重度胁迫下 QS 的 MDA 含量增加幅度相对较小,这是由于 QS 的根系一方面通过增加渗透调节物质(Pro、SS、SP)来维持细胞膨压,维持原有的生理活动;另一方面通过提高抗氧化保护酶系统(POD、SOD、CAT)以保护植物体内细胞膜免受活性氧的伤害。干旱胁迫期间,各根型苜蓿 SP 的增幅显著低于 Pro 和 SS,说明各根型苜蓿幼苗期根系 Pro、SS 对水分亏缺较敏感;CAT 的增幅显著小于 POD 和 SOD,说明重度干旱以 POD 和 SOD 调节为主来降低干旱胁迫带来的危害,这与前人研究结论一致^[20]。

根系解剖结构是根系发育水平的直接体现。本研究显示,重度胁迫下,不同根型苜蓿皮层厚度均小于 CK,皮层厚度减小使根系运输水分的阻力降低,使

根系吸水能力和根水流导度方面表现出优势,这与前人对干旱胁迫下玉米根系解剖结构的研究结果相似^[21]。王竞红等^[22]、彭伟秀等^[23]研究表明,根系导管直径变小是甘草、紫穗槐幼苗响应干旱胁迫的适应性特征,而赵祥等^[24]认为,导管直径越大,越有利于植物体内水分运输。本研究表明,导管直径、导管数量、导管面积、木质部面积、韧皮部面积随胁迫强度加大而显著增加,导管直径增大与赵祥等^[24]对达乌里胡枝子的研究结果一致,导管数量增多与马旭凤等对玉米研究结果一致^[25];导管面积、木质部面积、韧皮部面积增大与张翠梅等^[26]对陇东和陇中紫花苜蓿的研究结果一致,这些指标的增大会使苜蓿表现出更发达的输导组织。

4 结论

随干旱胁迫程度增加,根茎型、直根型、根蘖型苜蓿根系 SP、SS、Pro、MDA、SOD、POD、CAT 含量均显著增加,说明各根型苜蓿幼苗通过渗透调节物质的增加降低渗透势、维持膨压,减少水分缺失对植物体引起的危害;同时通过提高保护酶活性有效清除活性氧,防止其对细胞的毒害,维持正常的生理活动。皮层厚度减小使各根型苜蓿根系运输水分的阻力降低,导管数量和直径、导管面积及木质部、韧皮部面积增加能构成强大的输导组织,确保在干旱条件下最大限度的保持水分的供应,维持植物正常生长发育。

参考文献:

- [1] 汪攀,陈奶莲,邹显花,等. 植物根系解剖结构对逆境胁迫响应的研究进展[J]. 生态学杂志, 2015, 34(2): 550-556.
- [2] 南丽丽,师尚礼,郭全恩,等. 甘肃荒漠灌区播量和行距对紫花苜蓿营养价值的影响[J]. 草业学报, 2019, 28(1): 108-119.
- [3] 岳凯,魏小红,刘文瑜,等. PEG 胁迫下不同品系藜麦抗旱性评价[J]. 干旱地区农业研究, 2019, 37(3): 52-59.
- [4] 郭宾会,戴毅,宋丽. 干旱下植物激素影响作物根系发育的研究进展[J]. 生物技术通报, 2018, 34(7): 48-56.
- [5] Pierik R, Testerink C. The art of being flexible: how to escape from shade, salt, and drought[J]. Plant Physiology, 2014, 166(1): 5-22.
- [6] Li X, Tan D X, Jiang D, et al. Melatonin enhances cold tolerance in drought-primed wild-type and abscisic acid-deficient mutant barley[J]. Journal of Pineal Research,

- 2016,61(3):328-339.
- [7] Steudle E. Water uptake by root: effects of water deficit [J]. *Journal of Experimental Botany*, 2000, 51 (350) : 1531-1542.
- [8] Mac Fall J S, Johnson G A, Kramer P J. Comparative water uptake by roots of different ages in seedlings of loblolly pine (*Pinus taeda* L.) [J]. *New Phytologist*, 1991, 119: 551-560.
- [9] 苗青霞,方燕,陈应龙. 小麦根系特征对干旱胁迫的响应[J]. *植物学报*, 2019, 54(5):652-661.
- [10] 刘志鹏,杨青川,呼天明. 侧根型紫花苜蓿遗传基础及其育种研究进展[J]. *中国草地*, 2003, 25(3):66-71.
- [11] 南丽丽,师尚礼,朱新强,等. 不同根型苜蓿苗期对干旱胁迫的生理耐受性分析[J]. *干旱地区农业研究*, 2011, 29(5):106-110.
- [12] 南丽丽,师尚礼,陈建纲,等. 不同根型苜蓿根系对低温胁迫的响应及其抗寒性评价[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(3):619-625.
- [13] 南丽丽,师尚礼,朱新强,等. 田间越冬期不同根型苜蓿根系的生理生化特性[J]. *核农学报*, 2011, 25(2) : 369-374.
- [14] SHAHIDI R, YOSHIDA J, COUGNON M, *et al.* Morpho-physiological responses to dehydration stress of perennial ryegrass and tall fescue genotypes [J]. *Functional Plant Biology*, 2017, 44(6):612-623.
- [15] 潘晓迪,张颖,邵萌,等. 作物根系结构对干旱胁迫的适应性研究进展[J]. *中国农业科技导报*, 2017, 19(2) : 51-58.
- [16] 路之娟,张永清,张楚,等. 不同基因型苦荞苗期抗旱性综合评价及指标筛选[J]. *中国农业科学*, 2017, 50(17) : 3311-3322.
- [17] 邹琦. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业出版社, 2003:110-174.
- [18] 李和平. 植物显微技术[M]. 北京:高等教育出版社, 2009:9-39.
- [19] 田永雷,白春利,丁海君,等. 老芒麦种质对干旱胁迫的生理响应[J]. *草原与草坪*, 2021, 41(2):70-74+83.
- [20] 张旭东,王智威,韩清芳,等. 玉米早期根系构型及其生理特性对土壤水分的响应[J]. *生态学报*, 2016, 36(10) : 2969-2977.
- [21] 蒋奇峰,员海燕. 不同基因型玉米自交系苗期根系抗旱性向水性及解剖结构研究[J]. *干旱地区农业研究*, 2016, 34(5):1-8.
- [22] 王竞红,张秀梅,陈艾,等. 紫穗槐幼苗根系生理特性和解剖结构对 PEG-6000 模拟干旱的响应[J]. *生态学报*, 2018, 38(2):511-517.
- [23] 彭伟秀,王文全,梁海永,等. 水分胁迫对甘草营养器官解剖构造的影响[J]. *河北农业大学学报*, 2003, 26(3) : 46-48.
- [24] 赵祥,董宽虎,张焱,等. 达乌里胡枝子根解剖结构与其抗旱性的关系[J]. *草地学报*, 2011, 19(1):13-19.
- [25] 马旭凤,于涛,汪李宏,等. 苗期水分亏缺对玉米根系发育及解剖结构的影响[J]. *应用生态学报*, 2010, 21(7) : 1731-1736.
- [26] 张翠梅,师尚礼,刘珍,等. 干旱胁迫对不同抗旱性苜蓿品种根系形态及解剖结构的影响[J]. *草业学报*, 2019, 28(5):79-89.

Influences of drought stress on physiological characteristics and anatomical structure of alfalfa roots of different root-types

WANG Kun, CHEN Jie, LI Jing-feng, WEI Shao-ping, LIANG Peng-fei,
LIU Xin, NAN Li-li*

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: [Objective] In order to reveal the response and regulation mechanism of the root of alfalfa seedlings

with different root types to drought stress. **【Method】** Three root types of alfalfa (rhizomatous rooted *Medicago sativa* ‘Qingshui’, tap rooted *M. sativa* ‘Longdong’, creeping rooted *M. Varia* Martin ‘Gongnong No. 4’) were cultured in river sand with nutrient solution, control (CK), moderate (M), and severe (S) drought treatments were set up to study the effects of drought stress on root physiological characteristics and anatomical structure. **【Result】** The contents of soluble protein, soluble sugar, proline and MDA, as well as the activities of SOD, POD and CAT increased significantly in most root types of alfalfa under drought stress. The increase of MDA content of Qingshui was relatively small, which was related to the increase of osmotic adjustment substance (proline, soluble sugar and soluble protein) and antioxidant protective enzyme system (POD, SOD, and CAT activities). The responses of proline and soluble sugar contents, POD and SOD activities were more sensitive in the root of seedling stage. The xylem area, phloem area, xylem vessel number, vessel area, and vessel diameter increased significantly with the increase of drought stress, while the cortex thickness decreased significantly. **【Conclusion】** The root systems of alfalfa seedlings with different root types maintained their normal physiological and metabolic functions and resisted drought stress by regulating osmotic regulators, antioxidant protective enzymes and internal anatomical structure of root during seedling stage.

Key words: root type; alfalfa; drought stress; physiological characteristics; anatomical structure