

不同土层深度苜蓿断根后对其株高生长的影响

雍小华, 贾志宽, 韩清芳

(西北农林科技大学干旱半干旱农业研究中心/农业部作物生产与生态重点开放实验室, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 对苜蓿进行不同土层深度断根处理, 以阻断其不同深层根系对土壤水分的吸收, 研究苜蓿地上部分株高生长的反馈特征。结果表明: 苜蓿在不同土层断根当年, 各深度的断根处理均使苜蓿株高生长受到一定抑制, 与对照相比有所降低。不同层次断根的苜蓿在断根当年浅层次断根(20、40、60 cm)受到的水分胁迫较其它处理严重。在断根初期(半个月)与对照呈极显著差异; 在收获期株高与对照(26.70 cm)相比, 株高分别降低了 13.10、12.85、11.30 cm, 表现为断根越浅, 影响越大。各处理在断根的次年, 苜蓿返青期的株高变化曲线十分平缓。收获期断根处理 20、40、230 cm 的苜蓿株高比对照(37.96 cm)分别降低了 5.08、5.34、5.30 cm, 较对照差异性极显著($P < 0.01$), 各断根处理较断根当年株高的生长量均有显著提高。两年的数据表明浅层次断根处理的株高生长受到水分胁迫较深层断根处理严重。不同土层断根处理的株高生长受抑制程度为: 浅层次处理 > 中层次处理 > 深层次处理。

关键词: 断根; 株高; 生长动态; 苜蓿

中图分类号: S161.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2010)02-0085-05

紫花苜蓿 (*Medicago Sativa*) 简称苜蓿, 是世界上分布最广、历史最古老的一种多年生豆科牧草。其根系发达, 能有效地吸收土壤水分^[1], 研究证明苜蓿根系越发达、伸展越深, 受到干旱胁迫的可能性就越小^[2-5]。一般 3 年生苜蓿的根系深达 3 m, 5 年生苜蓿根系可超过 7 m^[6]。土壤中根系直径随土壤含水量的减少而逐渐变细且呈倒立的圆锥形^[6]。干旱胁迫下, 苜蓿的根系和茎秆生长均减慢, 但茎秆受到的影响较大^[7]。据研究紫花苜蓿根系深达 7~8 m 以下, 由主根和侧根组成, 但主要根系深度在 3.2 m 左右, 其中 0~2 m 占 94% 左右^[8,9]。另据研究, 在干旱区 2 m 深的土层即能储存为苜蓿生长所需要的全年降水量^[9], 紫花苜蓿的生长发育与水分的关系极其密切^[10]。杜世平对宁南山区旱地紫花苜蓿土壤水分及产量动态进行了研究^[11], 结果表明, 随着紫花苜蓿草龄的延长, 土壤深层水分亏缺严重, 草地底层与中层对表层水分具有明显的补偿作用。李凤民等的研究同样表明^[12], 紫花苜蓿能够利用深层土壤水分。

苜蓿株高是牧草生长状况最主要的指标之一, 是反映牧草产草量高低的一个较为理想的特征量^[13]。Ginde(1997)报道, 在水分胁迫下紫花苜蓿产量、枝条密度、植株高度及叶片大小都会减小^[14]。

土壤水分也影响根系的生长发育, 过多过少均会改变植物根系数量和分布, 从而影响到地上部的生长发育和产量。苜蓿作为深根性牧草, 抗旱、耐寒能力较强, 可充分利用深层土壤水分, 多年种植后易形成土壤干层。在阻断根系深层吸水完全依赖天然降雨的情况下, 苜蓿生长将出现何种响应, 目前国内外文献未见报道。这一问题的探索对深入了解苜蓿的抗旱生长机制有重要的科学意义, 同时也为浅根型苜蓿种质资源的创建及栽培提供一定的理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验区自然条件

试验地设在陕西杨凌西北农林科技大学农作一站。该站位于秦岭北麓, 渭河平原西部的头道源上, 地处北纬 34°21', 东经 108°10', 海拔 454.8 m, 平均日照时数 2 150 h, 年平均气温 12℃~14℃, 极端最高气温 39℃~40℃, 极端最低气温 -21℃~-15℃, 年平均降水量 580.5 mm, 春季降雨量偏少, 雨量主要集中在 7、8、9 三个月, 属暖温带半湿润气候。试验期间土壤接受自然降水量 314 mm, 降雨频次和降雨量同往年同期相当, 属于降雨平年。试验地土壤为黑垆土, 地面平坦, 土层深厚, 通气良好。经测定, 试验地各小区土壤养分状况无明显差异, 有机质 15.9

收稿日期: 2009-06-20

基金项目: 国家“十一五”旱农支撑计划课题(2006BAD29B03); 西北农林科技大学唐仲英育种基金项目; 西北农林科技大学基本科研业务费专项(CX200902)

作者简介: 雍小华(1980—), 女, 陕西扶风人, 在读硕士研究生, 主要从事农业生态研究。E-mail: yongxiaohua@163.com。

通讯作者: 贾志宽(1962—), 男, 山西朔州人, 教授, 研究方向为旱地农业。E-mail: zhikuan@tom.com。

g/kg,全氮 0.55 g/kg。

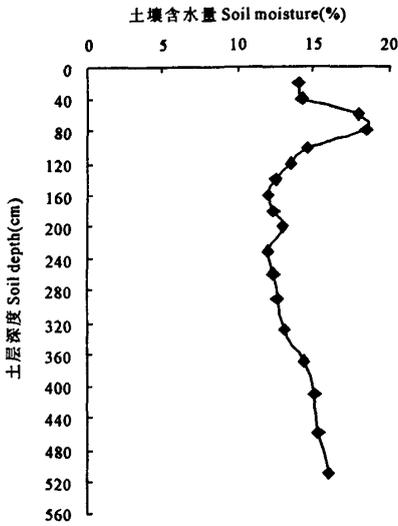


图 1 不同土层深度的土壤含水量变化

Fig.1 Variation of water moisture in different treatments

1.2 试验设计

试验材料为 3 年生紫花苜蓿,品种为阿尔刚金,田间生长均匀一致。于 2007 年 4 月 29 日至 5 月 4 日(苜蓿现蕾期)进行斜坡坑道式断根,共 18 个断根处理,断层分别在离地面 20、40、60、80、100、120、140、160、180、200、230、260、290、330、370、410、460、510 cm 处,各断根处理小区面积为 80 cm × 80 cm,每

个处理设 2 个重复(坑道两侧同深度同时断根),对照为不断根。断根结束后,用多层塑料布覆盖坑内及两侧以防止土壤水分蒸发,在坑的顶部用塑材进行弓形覆盖以防止降雨进入坑内。5 月 5 日将各断根处理与对照生长的苜蓿齐地刈割,并开始对苜蓿的生长进行观察,株高的测定时间为每隔一周进行一次调查,每个小区选 10 株进行定株观测。整个生育期全部旱作,不施肥、不喷洒农药,完全自然状态生长。断根时苜蓿地 0~510 cm 各层次的土壤含水量如图 1 所示,土层 0~100 cm 土壤含水量相对较高,在 100~290 cm 层段出现了土壤干层,含水量相对较低;300 cm 以下土层含水量逐渐增高。

1.3 数据分析

试验数据均采用 Excel2003 软件进行统计处理,用 SAS8.0 进行方差分析和新复极差测验^[15,16]。

2 结果与分析

2.1 断根初期苜蓿株高生长状况分析

由图 2 知,断根初期(断根后半个月)各处理苜蓿株高与对照呈极显著差异(P < 0.01),对照的株高高度为 9.85 cm,高度几乎是处理小区的二倍,不同土层断根处理的小区株高增长十分缓慢,其株高高度在 5.13~6.70 cm 之间,浅层次断根小区株高的生长增加量最小,总体表现为断根后苜蓿株高的生长受抑,处理之间无显著差异。

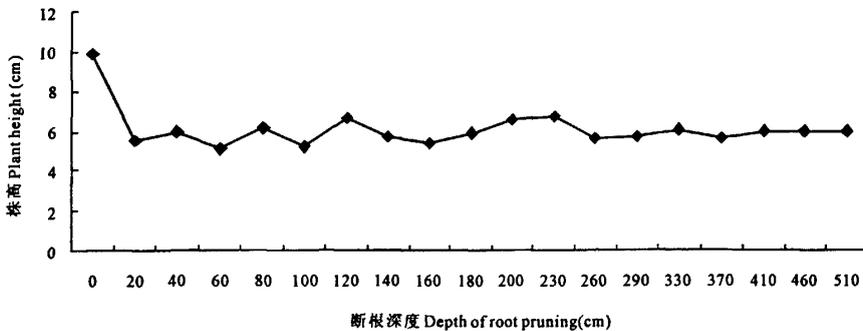


图 2 不同深度断根后苜蓿初期株高变化

Fig.2 Plant height of alfalfa in early stage after its root pruning

2.2 断根当年苜蓿收获期株高生长状况分析

在苜蓿断根当年收获期(2007-06-27)的株高生长状况如图 3 所示。所有处理以 200 cm 处断根处理株高最小(13.5 cm),510 cm 处断根株高最大(27.75 cm)。用 DUNCAN 新复极差法测验结果表明,510 cm(27.75 cm)断根处理小区与对照(26.7 cm)之间差异不显著,510 cm 断根小区的苜蓿生长

速度为 0.51 cm/d。在所有处理中,20、40、60、80 cm 及 200 cm 断根处理的株高差异不显著,株高为 13.5~15.5 cm,生长速度为 0.25~0.29 cm/d;100、120、140、160、180、230、260、290、330、370、410 cm 与 460 cm 断根处理的株高差异不显著,株高为 16~18.5 cm,生长速度为 0.30~0.34 cm/d;20~80 cm(含 200 cm 处理)断根处理、100~460 cm(不含 200 cm 处理)

断根处理与 500 cm 土层以下断根处理三类间差异显著 ($P < 0.05$)。由此表明,不同深度苜蓿断根后

在收获期株高受抑程度的基本趋势为:浅层次处理 > 中层次处理 > 深层次处理。

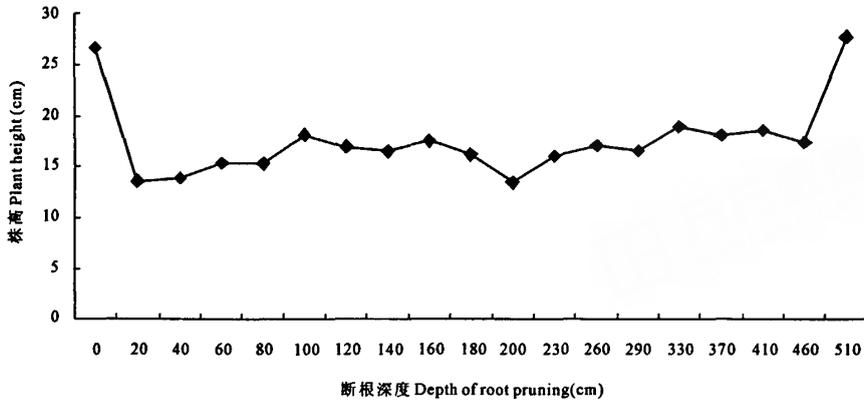


图3 不同土层深度断根后苜蓿收获期株高变化

Fig.3 Plant height of alfalfa in harvesting stage after its root pruning

2.3 断根后次年苜蓿不同生长阶段株高生长状况分析

苜蓿断根次年返青期、分支期和收获期的株高生长状况如图4所示。不同土层断根处理在返青期(2008-03-19)以20 cm处断根处理株高最小(7.06 cm),460 cm处断根株高最大(10.2 cm)。显著性检验结果表明,20 cm(7.06 cm)断根处理小区与对照(7.92 cm)之间差异显著($P < 0.05$),比对照降低了0.86 cm,460 cm(10.2 cm)断根处理小区与对照(7.92 cm)之间差异极显著($P < 0.01$),比对照增高了2.28 cm。在所有处理中,40、80与160 cm断根处理的株高为7.93~8.15 cm,生长速度为0.53~0.54 cm/d之间,处理间株高差异不显著,且与对照无显著差异;60、100、120、140、160、180、200、230、260、290、330、370 cm及510 cm断根处理的株高为8.69~9.46 cm,生长速度为0.58~0.63 cm/d,处理之间的株高差异不显著,但均与对照有极显著差异($P < 0.01$);410 cm与460 cm断根处理的株高差异不显著,株高为10.12~10.2 cm,生长速度为0.67~0.68 cm/d;20 cm断根处理,40、80、160 cm断根处理,100~370 cm(含60 cm、510 cm处理,不含160 cm处理)断根处理与410 cm和460 cm四类处理间差异极显著($P < 0.01$)。在整体上看,不同断根处理的株高变化趋势较为平缓。

在次年苜蓿分枝期(2008-04-29),仅有20 cm与40 cm的株高比对照低,其余所有处理的株高都高于对照(28.83 cm)。所有处理以20 cm处断根处理株高最小(22.15 cm),460 cm处断根株高最大(36.68 cm),显著性检验结果表明,20 cm断根处理

小区与对照(28.83 cm)之间差异极显著($P < 0.01$),20 cm断根小区的株高生长速度为0.38 cm/d;460 cm断根处理小区与对照之间差异极显著($P < 0.01$),460 cm断根小区的株高生长速度为0.66 cm/d。在20~160 cm的处理中,株高随处理层次加深而增加,在80 cm断根处理处达到最大,后逐渐下降。在180~460 cm的处理中,株高有降低趋势,在230 cm断根处理处达到最小,后逐渐升高。在所有处理中,60、160 cm与230 cm断根处理的株高差异不显著,株高为33.14~33.33 cm,生长速度为0.828~0.833 cm/d;140与260 cm断根处理的株高差异不显著,株高为32~32.2 cm,生长速度为0.81~0.82 cm/d;290、330 cm及370 cm断根处理的株高差异不显著,株高为33.7~34.3 cm,生长速度为0.84~0.86 cm/d;100、180、410 cm及510 cm断根处理的株高差异不显著,株高为34.87~35.31 cm,生长速度为0.87~0.88 cm/d。其它处理与以上差异不显著处理类相互之间株高差异极显著($P < 0.01$)。

苜蓿在收获期(2008-05-13),各个处理的株高变化趋势与分枝期相似。所有处理以230 cm处断根处理株高最小(31.66 cm),80 cm处断根株高最大(44.8 cm)。显著性检验结果表明,230 cm(31.66 cm)断根处理与对照(37.96 cm)之间差异极显著($P < 0.01$),230 cm断根小区的株高生长速度为0.18 cm/d;80 cm断根处理与对照之间差异极显著($P < 0.01$)。在所有处理中,20、40 cm断根处理使得株高生长受到抑制,株高为32.62~32.64 cm,生长速度为0.45~0.70 cm/d,处理间株高差异不显著;60、410 cm及460 cm断根处理的株高差异不显著,株高

为 40.51 ~ 41.76 cm, 生长速度为 0.43 ~ 0.69 cm/d; 100、180、370 cm 及 510 cm 断根处理的株高差异不显著, 株高为 37.3 ~ 39.04 cm, 生长速度为 0.15 ~ 0.32 cm/d; 120、140、160、200、260 cm 及 290 cm 断根

处理的株高差异不显著, 株高为 34.57 ~ 36.59 cm, 生长速度为 0.16 ~ 0.19 cm/d; 以上四类处理与 80 cm 断根处理、230 cm 断根处理、330 cm 断根处理共七类处理间差异极显著 ($P < 0.01$)。

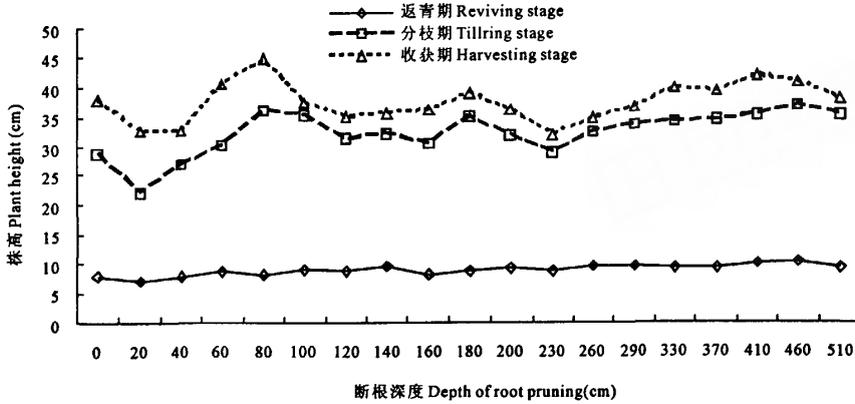


图 4 不同土层深度断根后次年苜蓿不同时期的株高变化

Fig.4 Plant height of the root - pruned alfalfa in its different stages of the next year

综合分析, 当年断根的苜蓿株高都与对照存在极显著性差异, 尤其浅层次土层断根处理的小区苜蓿株高生长受到严重的抑制; 次年随着苜蓿根系生长能力的恢复, 在收获期多数处理的株高基本接近对照, 个别处理的株高甚至高于对照。

3 结论与讨论

紫花苜蓿的生长发育与水分的关系极其密切^[17]。李凤民、李凤霞等的研究^[18,19]同样表明, 紫花苜蓿能够利用深层土壤水分。土壤中根系直径随土壤含水量的减少而逐渐变细且呈倒立的圆锥形^[20]。土壤水分状况直接影响根系的生长与构形分布, 地上部分生长状况会受到不同深度土壤含水量的影响。不同土层深度根系的断根, 可以反映在株高生长动态变化上。本研究对紫花苜蓿深层土壤的根系, 据不同深度梯度进行断根处理, 考察苜蓿地上部分株高生长的反馈特征, 从植物形态学动态变化角度探讨多年生深根性植物的在受到根系统刺激后的响应和自适应状况, 分析苜蓿断根对土壤水分胁迫供应的适应状况。

本研究涉及植物根系的物理挫伤——断根处理。目前在小麦等农作物上作为一种农艺技术, 进行了较为深入的试验研究。断根处理对植物生长发育的影响因断根时期、断根植物的不同而不同^[21-23]。李秧秧等^[21]研究表明玉米伤根处理的地上部生物量都不如对照处理, 且株高等指标随着伤根程度的增加而降低。郭翠花等^[22]研究发现

断根处理使小麦根系活力降低, 明显影响高生长, 表现为断根越浅, 影响越大。本研究结果也表明断根后使苜蓿高降低与郭翠花等人的结论一致。紫花苜蓿是一种有别于浅根性农作物的深根系牧草, 上文中的分析结果表明断根处理对 3 年生苜蓿而言, 断根处理在深度为 120 ~ 360 cm 上对苜蓿的地上部分影响最大。

本试验苜蓿不同土层深度断根处理初期(半个月)的株高均低于对照, 且与对照(9.85 cm)呈极显著性差异 ($P < 0.01$)。在收获期, 除 510 cm 断根处理株高与对照差异不显著外, 其它处理的苜蓿株高均低于对照且差异极显著 ($P < 0.01$), 表明对 3 年生苜蓿而言, 浅、中层土壤水分对苜蓿生长影响最大, 500 cm 左右土层深度的土壤水分状况对苜蓿生长仍然具有重要影响; 同时可以发现苜蓿具有顽强的生命力, 在 20 cm 土层断根仍可继续存活。

次年随着苜蓿根系生长能力的恢复, 各土层深度断根处理在返青期株高变化较为平缓, 进入分枝期后各处理的苜蓿株高变化差异明显, 其变化趋势一直延伸至成熟期。从株高表现来看, 浅层断根处理(20、40 cm)对苜蓿水分胁迫最重, 加之浅层的土壤水分含量较低, 其株高显著低于对照; 80 cm 断根处理的株高最高可能与该土层土壤含水量较高有关, 同样 230 cm 断根处理的株高最低可能是因苜蓿多年生长形成土壤干层所致(见图 1); 株高变化趋势与所测土壤 0 ~ 520 cm 水分变化趋势有很大的相似性, 各处理株高变化的基本趋势为: 60 ~ 80 cm 处

理 > 410 ~ 460 cm 处理 > 其它处理。

对于苜蓿深层断根对其生长的影响国内外文献未见报道,其生理调控机制的探讨有待进一步深入研究,断根后根系生长的变化有待进一步观测。

参考文献:

- [1] 韩德梁, 王彦荣. 紫花苜蓿对干旱胁迫适应性的研究进展[J]. 草业学报, 2005, 12: 7—13.
- [2] Bai W M, Li L H. Effect of irrigation methods and quota root water uptake and biomass of alfalfa in the Wulanbuhe sandy region of China [J]. *Agricultural Water Management*, 2003, 62(2): 139—148.
- [3] Bolton J L. *Alfalfa: Botany, Cultivation and Utilization* [M]. New York: Interscience Publishers, Inc. 1962. 477.
- [4] Lowe, Marble V L, Rum Baugh M. D. Adaptation, varieties and usage. Monograph No, 15, Chapter, 18. [J]. In *alfalfa Science and Technology*, 1972: 391—413.
- [5] Abdul-Jabber A S, Sammie T W, Lugg D G. Effect of moisture level on the root pattern alfalfa [J]. *Irrigation Science*, 1982, 3: 197—207.
- [6] 郭彦军, 徐恢仲, 张家骅. 紫花苜蓿根系形态学研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 25(6): 484—486.
- [7] 白文明, 左强, 黄元衍, 等. 乌兰布和沙区紫花苜蓿生长及吸水规律的研究[J]. 植物生态学报, 2001, (1): 35—41.
- [8] 李玉山. 苜蓿生产力动态及其水分生态环境效应[J]. 土壤学报, 2002, 39(3): 404—410.
- [9] Cairns J J. *Recovery and Restoration of Damaged Ecosystem* [M]. Charlottesville: Virginia University Press, 1990.
- [10] 白文明, 包雪梅. 乌兰布和沙区紫花苜蓿生长发育模拟研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(12): 1605—1609.
- [11] 杜世平, 王留芳. 宁南山区旱地紫花苜蓿土壤水分及产量动态研究[J]. 草业科学, 1999, 18(1): 12—15.
- [12] 李凤民, 张振万. 我国温带南部草原植物蒸腾特点研究[J]. 内蒙古大学学报, 1991, 22(3): 382—388.
- [13] 贾志宽, 韩清芳著. 紫花苜蓿种质资源评价筛选[M]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2004.
- [14] Ginde I. Dynamic modification in alfalfa leaves growing in subtropical conditions [J]. *Physiological Plant*, 1968, 21: 1287—1295.
- [15] 范 薰. 农业试验统计方法[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1983.
- [16] 胡小平, 王长发. SAS 基础及统计实例教程[M]. 西安: 西安地图出版社, 2001: 68—99.
- [17] 杜世平, 龙明秀. 宁南山区旱地紫花苜蓿土壤水分及产量动态研究[J]. 草业科学, 1999, 16(1): 12—15.
- [18] 李凤民, 张振万. 我国温带南部草原植物蒸腾特点研究[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1991, 22(3): 382—388.
- [19] 李凤霞, 颜亮东. 青海环湖地区天然牧草群体生长动态数值模拟[J]. 草业科学, 1997, 14(2): 44—46.
- [20] 郭彦军, 徐恢仲. 紫花苜蓿根系形态学研究[J]. 西南农业大学学报, 2002, 24(6): 484—486.
- [21] 李秧秧, 刘文兆, 柴世伟. 伤根对玉米光合作用和水分利用效率的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 12: 68—74.
- [22] 郭翠花, 苗果园, 高志强. 灌浆期断根对小麦产量及相关生理性状的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(2): 331—334.
- [23] 刘文兆, 李秧秧. 断伤作物根系对籽粒产量与水分利用效率的影响研究现状及问题[J]. 西北植物学报, 2003, 23(8): 1320—1324.

Effect of root pruning in different depth on height of alfalfa growth

YONG Xiao-hua, JIA Zhi-kuan, HAN Qing-fang

(Research Center of Agriculture in Arid and Semiarid Areas, Northwest A & F University,
Key Laboratory of Crop Production and Ecology, Ministry of Agriculture, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Study was made on the growth situation of alfalfa root in the different soil depths after cutting lateral root. The results showed that in the current year of cutting lateral root, alfalfa height growth was inhibited and decreased compared with the control. Alfalfa root in the shallow depths (20 cm, 40 cm and 60 cm depths) treatment had more serious water stress, than other treatments. There were very significant differences ($P < 0.01$) between the early stage of cutting lateral root and the control. In the harvest period, plant height decreased by 13.10 cm, 12.85 cm and 11.30 cm compared to the control respectively. It showed that the shallower the root cutting was made, the more seriously it affected alfalfa. In the second year of cutting lateral root, the alfalfa height curve is very flat in the green stage. In the harvest period of cutting lateral root at 20 cm, 40 cm and 60 cm depths, the plant height decreased by 5.08 cm, 5.34 cm and 5.30 cm compared to the control (37.96 cm) respectively. The differences were significant ($P < 0.01$). The data in two years showed that the alfalfa height growth in shallow level treatments was more seriously affected by water stress than other treatments. The level of alfalfa inhibition growth of different soil layers by different cutting lateral root is shallow level treatment > medium level treatment > deep treatment.

Keywords: root pruning; plant height; growth dynamic; alfalfa