

紫花苜蓿根系与土壤物理性质的关系

张建波^{1,2}, 白史且^{2*}, 张新全¹, 钟肖³ (1.四川农业大学动物科技学院草业科学系, 四川雅安 625014; 2.四川省草原科学院, 四川犀浦 611700; 3.四川省凉山州金阳畜牧局, 四川金阳 616200)

摘要 紫花苜蓿根系的研究对其生产、引种及种植苜蓿所产生的生态价值都有非常重要的意义, 而土壤物理性质对根系的影响是巨大的。同时, 根系通过自身的机械穿插、根系代谢、根系分泌物对土壤物理性质有重要的影响。对紫花苜蓿根系与土壤水分、土壤盐分、土壤养分的相互影响进行了总结, 阐述了紫花苜蓿根系与土壤物理性质的相互关系。

关键词 紫花苜蓿; 根系; 土壤; 物理性质

中图分类号 Q945.12 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)14-3424-02

Relation of Alfalfa Root System and Soil Physical Property

ZHANG Jian-bo et al (Department of Grassland Science, Sichuan Agricultural University, Yaan, Sichuan 625014)

Abstract It is very important in alfalfa production, introduction and ecological value to research the root system of alfalfa. And the environmental impact of soil physical property on root system of alfalfa is enormous. At the same time, the root system through own machinery alternation, root system metabolism and the root system secretion has the important influence on the soil physical property. The mutual influence between the alfalfa root system and the soil moisture, salt and nutrient was summarized in this text. The relation between alfalfa root system and the soil physical property was explained.

Key words Alfalfa; Root system; Soil; Physical property

牧草根系的发育状况是草地实现其经济价值和生态价值的重要保证, 也是紫花苜蓿引种能否成功的关键。但国内外对牧草多限于地上部分的系统研究^[1-7], 对其地下部分的研究还很不充分。对紫花苜蓿根系的研究也仅集中在对根系形态学上的研究, 主要从根系深度、根系直径、根表面积、根重及根冠比等指标来研究。笔者从紫花苜蓿根系与土壤环境的相互关系着手来探讨根系的生长规律, 土壤环境对根系生长的影响以及紫花苜蓿根系对土壤的改变情况。

1 紫花苜蓿根系与土壤水分的关系

1.1 土壤水分影响紫花苜蓿根系的生长与分布 土壤水分状况直接影响根系的生长与构型分布^[8-10]。紫花苜蓿根系主要分布在 0~30 cm 土层中, 在土壤潜水水位较低的地区, 根系可深达 2~3 m, 甚至能达 7~9 m 或更深^[11]。在离地面 10~20 cm 的主根处, 侧根发生的数量占总侧根数的 40% 以上, 在 50 cm 以下没有侧根发生; 但在试验条件下或降水较充沛的地区^[8-10], 侧根发生的部位在主根 0~10 cm 段, 这与土壤不同深度含水量的大小有关。当 0~10 cm 层的土壤含水量较高时, 侧根便会大量发生; 而在干旱地区, 0~10 cm 层为疏松的耕作层, 土壤含水量较低, 不利于侧根发生^[12], 因此, 侧根发生的集中部位转移在含水量相对丰富的 10~20 cm 层。在土壤水分不足的地区, 紫花苜蓿的主根一般长的细长, 伸入土壤的深度大; 而在土壤湿度过大的情况下, 可引起根系形态的改变, 严重者会引起根腐^[13]。在根系受损的情况下, 紫花苜蓿根系可出现一系列的适应性反应^[14]。Viands 和 Garver 发现紫花苜蓿根系受损后根的再生性, 即在土壤水分过高的地区, 紫花苜蓿由于主根出现烂根, 其长度减短, 而直径增粗, 侧根的数量明显增加^[14, 15]。对于这种现象, 马其东等将其解释为紫花苜蓿对高水分土壤环境的适应机制就是侧根的大量诱发^[16]。而对侧根诱发的产生, 可能跟体内的内源激素有关^[17]。王述才等报道诱发侧根生长的主要

激素是生长素^[18]。

但是土壤水分对紫花苜蓿根系生长分布的影响是有限的, 其生长与分布在很大程度上取决于品种的生物学特性。侧根的发生能力主要决定于品种的生物学特性, 是具有可遗传的特性^[1]。在相同环境条件下, 对品种进行比较可知, 环境因子的胁迫只是外因, 如土壤含水量只会促进侧根发生部位的改变, 而不是侧根发生能力的决定因素^[19]。郭正刚等通过对荷兰、加拿大、美国的不同紫花苜蓿品种在甘肃黄土高原丘陵沟壑区的适应性研究, 发现在同样的土壤水分含量条件下, 品种间的主根生长、根系体积、根系生物量的积累在各个生育期表现不一样^[20]。

1.2 紫花苜蓿根系的吸水规律及对水分在土壤中分布规律的影响 紫花苜蓿根系的吸水规律和土壤水分分布有明显的关系。紫花苜蓿根系对土壤水分分布的影响主要是通过根系对土壤水分的消耗来实现的, 根系分布越多的土层, 消耗越大, 土壤水分就越少。白文明等对乌兰布和沙区紫花苜蓿根系生长及吸水规律的研究表明, 紫花苜蓿根系吸水速率在土壤剖面上的分布规律与剖面土壤含水量和根密度密切相关。在土壤含水量大的层片, 根系也越发达; 同样, 在根系发达的区域, 根系的吸水速率又越大; 随土层深度的增加, 土壤含水量呈现高低高的“V”字型变化。所有品种的土壤含水量在 0~20 cm 最高; 随土层深度的增加, 土壤含水量逐渐降低, 至 40~60 cm 最低; 而到了 80~100 cm, 土壤含水量又升高。这种规律性变化与外界降水及根系的发育特点有关^[8, 21]。郭正刚的研究结果表明, 紫花苜蓿根系体积在土壤中的垂直分布表现为从表层到深层逐渐递减, 30~50 cm 是侧根发生的集中段, 因此, 在 30~60 cm 土壤水分消耗最多^[22]; 而在 80 cm 以下, 几乎没有侧根发生, 因此对土壤水分的消耗少。

2 紫花苜蓿根系与土壤盐分的关系

2.1 土壤盐分对紫花苜蓿根系发育的影响 土壤盐分对紫花苜蓿根系的影响主要表现在土壤中可溶性盐过多降低了土壤水势, 使得根系吸收土壤水分的能力下降, 甚至使根

作者简介 张建波 (1981-), 男, 四川眉山, 硕士研究生, 研究方向: 牧草及草坪草种质资源。* 通讯作者。

收稿日期 2006-04-18

系内的水分外渗。还表现在根系盐分离子的不均衡吸收,这不仅使植物发生营养失调,抑制生长,而且还会产生单盐毒害,影响紫花苜蓿根系的正常生长发育^[20]。

2.2 紫花苜蓿根系的脱盐作用 紫花苜蓿根系对改善土壤盐分有显著的效果,不同生长年限的紫花苜蓿对改善土壤盐分的效果不一样。董晓霞等利用建植 7 年的紫花苜蓿草地,研究了紫花苜蓿根系对滨海盐渍土壤盐分特性的影响。结果发现,紫花苜蓿草地和空白地盐分运移具有离子差异性,不同盐分离子同一土层变化幅度不同,同一盐分离子不同土层的运移也存在差异。与空白地相比,紫花苜蓿草地 0~40 cm 土层可溶性盐总量明显降低,脱盐率达 65.5%,而底层变化较小;不同土层盐分运移存在离子差异性,0~40 cm 土层盐分离子降低幅度为:Cl⁻>Na⁺>SO₄²⁻>Mg²⁺>HCO₃⁻,Ca²⁺略有增加趋势,K⁺和 CO₃²⁻基本无变化。草地 0~20 cm、20~40 cm 土层脱盐率分别达 63.9%和 67.1%,40~60 cm 土层盐分基本无变化,60~100 cm 盐分略有增加^[21]。郭晔红等研究了不同生长年限的紫花苜蓿根系对次生盐渍化土壤的改良效果。发现苜蓿种植地的可溶性盐分含量及各种盐分离子含量与荒滩地相比均有所降低^[24]。说明苜蓿的种植对土壤表层盐分有明显的抑制作用,一方面是苜蓿的种植减少了地表蒸发,使盐分滞留在下层土壤,另一方面是一部分盐分被苜蓿吸收带出土壤。

3 土壤水分和盐分的交互效应对紫花苜蓿根系的影响

在国内,有关土壤水分和土壤盐分对紫花苜蓿根系的影响的报道相对较多,但是把两个要素结合起来,考虑其对紫花苜蓿根系影响的研究不多。M.Homae 等发现,如果将水胁迫和盐分胁迫分开考虑的话,两种胁迫对苜蓿根系的吸水能力的影响都是线性关系,当把这两个要素结合起来考虑的话,就是非线性关系了^[25]。土壤盐分对紫花苜蓿根系的影响程度往往不只是看它的绝对含量,而在很大程度上取决于盐分在土壤中的相对含量,即土壤盐分在土壤水分中的浓度。马其东等人的研究表明,在滩涂地区,受地下水潜水和盐分的共同影响,当盐分浓度达到一定程度时主根被伤害,正常生长受到抑制,从而诱导侧根系统发育;根部的盐分积累对作物的潜在生产力有影响,灌溉和水中适量的盐分都会加剧盐分在根系的积累^[27]。在相同盐分浓度下,对紫花苜蓿根系的影响因为苜蓿品种的不同而有所差异。在土壤盐分和水分的双重胁迫下,紫花苜蓿不同品种根系的表现也不相同。V.V.Laura 等发现,根系纤维含量高和纤维含量低的两种紫花苜蓿在不同盐分情况下根系生物量的累积不同^[26]。在低浓度和中等浓度的盐分条件下,根系的总长度,高纤维苜蓿品种要比低纤维苜蓿高 24%;根系的重量,高纤维苜蓿要比低纤维苜蓿高 14%。

4 紫花苜蓿根系对土壤营养的影响

4.1 紫花苜蓿根系对土壤肥力的影响 在滨海盐渍地种植紫花苜蓿 7 年,紫花苜蓿草地土壤肥力提高,0~20 cm 土层的有机质含量提高 28.43%,全氮含量提高 42.45%^[23]。在河西走廊荒漠化土壤种植紫花苜蓿 3 年,苜蓿地有机质、速效 N、速效 P、速效 K 增加。其原因可能是苜蓿根部根瘤能够固定土壤空气中的氮素,同时在苜蓿生长过程中,不断有

大量的细根和根瘤死亡脱落,从而提高了土壤有机质和全氮含量,改善了土壤养分状况,培肥了地力。随着紫花苜蓿种植年限的延长,耕层土壤有机质、速效养分含量逐渐增加。

微生物可以将土壤中紫花苜蓿不能吸收的大分子降解为可以利用的小分子养分。而根系分泌物可以通过对微生物的影响来影响土壤肥力。根系分泌物不仅为根际微生物提供所需的能源,而且不同根系分泌物直接影响着根际微生物的数量和种群结构^[27]。因此紫花苜蓿根系分泌物间接影响了土壤的肥力情况。

4.2 紫花苜蓿根系对土壤养分吸收的影响 苜蓿根系对土壤养分的利用能力强,从土壤中吸收的养分远比一般作物和牧草高,与小麦相比,对氮、磷的吸收量均多 1 倍,钾多 2 倍^[28]。郭玉泉等通过对 3 年的干草产量和种植前后土壤 5 种主要养分含量进行研究,结果表明种植苜蓿后,有机质、有效磷、速效钾和全氮 4 种养分含量降低;随着紫花苜蓿生长期的延长,根系对土壤养分的吸收出现低高低的变化^[29]。张春霞等调查了黄土高原地区紫花苜蓿生长过程中土壤养分的变化规律,发现在 10~23 年内,随着种植年限延长,苜蓿生物量和体内养分累积量呈下降趋势,23 年生苜蓿已进入衰败期,对土壤中养分的吸收量减少,土壤肥力逐渐得到恢复^[30]。可以看出,根系对土壤养分的吸收与其活力有关,当活力强的时候,对土壤养分的吸收就强,导致的土壤肥力的降低程度大,反之亦然。

5 结论

根系与土壤环境的影响是相互的,而且影响根系的土壤要素对根系的影响不是孤立的,它们相互联系起来影响根系的生长发育。一种要素会加强另一要素对根系的影响,也可能减弱这一要素对根系的影响,而且这种影响可能是线形的,也可以是非线形的。目前国内有关土壤要素对苜蓿根系的影响的研究大多从单要素考虑。因此,这种研究方式所得出的结论放在实际的生产中可能就不够准确。关于根系与根际环境影响的研究应该考虑到土壤的多个要素。

参考文献

- [1] CHEN W, LI Q, ZHANG X H. The existing limiting factors for lucerne *Medicago sativa* production, and solutions with the emphasis of variety, soil phosphorus and cutting management in the Qingyang loess plateau area, Gan su province, Chi-na[M]// Ren J Z H. Proceedings International Conference on Farming System on the Loess Plateau of China. Lanzhou: Gan su Science and Technology Press, 1992: 203-208.
- [2] 董学智, 郭孝, 赵世昌. 苜蓿田间杂草综合防除的研究[J]. 中国草地, 2002, 23(2): 53-63.
- [3] EAGLETONGE, ZHANG X H, Chen W. Lessons from on-farm experimentation into the nutritional requirements of lucerne in eastern Gansu, China[A]// Ren J Z H ed. Proceedings International Conference on Farming System on the Loess Plateau of China. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press, 1992: 194-198.
- [4] 李圣昌, 朱树森. 紫花苜蓿施用磷肥试验研究[J]. 草业科学, 1993(1): 41-43.
- [5] 刘文辉. 陇东紫花苜蓿的经济性状及其发展前景的研究[J]. 草业科学, 1992(3): 71-73.
- [6] 孙启忠, 桂荣. 影响苜蓿草产量和品质诸因素研究进展[J]. 中国草地, 2000(1): 57-63.
- [7] 张积祥, 李松. 紫花苜蓿 NP 肥配施研究[J]. 草业科学, 1990, 7(4): 70-72.
- [8] 白文明, 左强, 黄元仿, 等. 乌兰布和沙区紫花苜蓿根系生长及吸水 (下转第 3427 页)

(上接第 3425 页)

- 规律的研究[J].植物生态学报,2001,25(1):35-41.
- [9] 马其东,高振生,洪绂曾,等.不同苜蓿品种主根受伤后同工酶变化[J].草业学报,1999(1):42-49.
- [10] 扎西.4种豆科植物根系的研究[J].中国草业科学,1988(44):56-57.
- [11] 杨青川.苜蓿生产与管理指南[M].北京:中国林业出版社,2003.
- [12] 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.
- [13] MULLER S C, FICK G W. Response of susceptible and resistant alfalfa cultivars to Phytophthora root in the absence of measurable flooding damage[J]. Agronomy Journal, 1987, 79(2): 201-204.
- [14] GARVER S. Alfalfa root studies[M]. Washington D C: US Gov Print Office, 1992.
- [15] VIANDS D R. Variability and selection for characters associated with root regeneration capability in alfalfa[J]. Crop Sci, 1988(28): 232-236.
- [16] 马其东, 刘向新. 侧根的发生与内源激素的变化 [J]. 草地学报, 2001, 9(1): 64-68.
- [17] 马其东, 高振生. 滩涂地区苜蓿根系生长发育的研究[J]. 草业科学, 1998, 15(1): 33-37.
- [18] 王树才, 徐郎莱. 侧根的发生及其激素调控 [J]. 植物学通报, 2003, 20(2): 129-136.
- [19] 万素梅, 胡守林, 黄勤慧, 等. 不同紫花苜蓿品种根系发育能力的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(11): 2048-2052.
- [20] 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.
- [21] 万素梅, 胡守林, 黄庆辉, 等. 不同苜蓿品种头茬草土壤水分动态分析[J]. 水土保持研究, 2004, 6(2): 138, 172.
- [22] 王忠. 植物生理学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1999: 60-64.
- [23] 董晓霞, 郭洪海, 孔令安. 滨海盐渍地种植紫花苜蓿对土壤盐分特性和肥力的影响[J]. 山东农业科学, 2001(1): 24-25.
- [24] 郭晔红, 张晓琴, 胡明贵. 紫花苜蓿对次生盐渍化土壤的改良效果研究[J]. 甘肃农业大学学报, 2004, 4(2): 173-176.
- [25] HOMACE M, FEDDES R A, DIRKSEN C. A macroscopic water extraction model for nonuniform transient salinity and water stress [J]. Soil Science Society of America Journal, 2002, 1(66): 1764-1773.
- [26] VAUGHAN L V, MACADAM J W. Root growth and yield of differing alfalfa rooting populations under increasing salinity and zero leaching[J]. Crop Science, 2002, 1(42): 2064-2071.
- [27] 朱丽霞, 章家恩, 刘文高. 根系分泌物与根际微生物相互作用研究综述[J]. 生态环境, 2003, 12(1): 102-105.
- [28] 耿华珠. 中国苜蓿[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 25-28.
- [29] 郭玉泉, 王金芬, 高翔. 种植紫花苜蓿对土壤养份的影响[J]. 四川草原, 2000(4): 20-24.
- [30] 张春霞, 郝明德, 王旭刚, 等. 黄土高原地区紫花苜蓿生长过程中土壤养分的变化规律[J]. 西北植物学报, 2004(6): 1107-1111.