

论苜蓿的生产力与抗旱性

山 仑, 张岁岐, 李文烧

(中国科学院水利部水土保持研究所, 西北农林科技大学, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 苜蓿在我国栽培历史悠久, 虽然经大力倡导, 至今发展速度依然缓慢, 其重要原因之一是其适应能力缺乏全面认识。通过探讨我国半干旱和半湿润地区苜蓿的生产力、耗水规律及对干旱适应的特点, 指出其由高耗水、低水效特性而导致的生产力变化, 以及区域发展上的局限性。综合文献报道、实践经验及作者研究成果, 就苜蓿今后在我国北方地区的发展问题提出了若干建议。

关键词: 苜蓿; 生产力; 水分利用; 水分利用效率; 抗旱性; 耐旱性

中图分类号: S551⁺. 7 文献标识码: A 文章编号: 100820864(2008)0120012206

Productivity and Drought Resistance of Alfalfa

SHAN Lun ZHANG Suqij LIW en2rao

(Institute of Soil and Water Conservation Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources

Northwest A&F University Shaanxi Yangling 712100, China)

Abstract Alfalfa (*Medicago sativa*) has a long cultivation history in China. Up to now, its extension is still slow, although it has been sparkplugged for a long period of time. One of the important reasons is lacking a full understand about its adaptation to stress environment. In this paper, alfalfas productivity, water consumption rule and adaptation to arid conditions in semiarid and semihumid regions were discussed. The paper points out that its characteristics of high water consumption and the low water efficiency may lead to productivity change and limitation in regional development. On the basis of our experiments and other researchers work, this paper raises several suggestions for the further development of alfalfa production in northern China.

Key words alfalfa, productivity, water utilization, water use efficiency, drought resistance, drought tolerance

紫花苜蓿 (*Medicago sativa*), 简称苜蓿, 为世界上公认分布最广的优良豆科牧草之一, 在我国栽培历史悠久, 近年来虽经积极倡导, 发展依然缓慢^[1]。据 2000 年统计, 全国种植面积约 133 万 hm^2 , 仅为苜蓿生产大国美国的 1/9。西北黄土高原被认为是最需要也最适宜发展苜蓿的地区之一, 因此一直在该地区大力推行与实施 / 退耕还林(草) 0 工程, 但是, 据 2002- 2007 年间的考察与统计, 该地区尚很少见到大面积两年、三年生以上的旱坡地苜蓿, 苜蓿的种植仍处于不稳定状态。形成这种状况的原因很多, 其中对苜蓿的生产力以及适应能力缺乏全面深入了解而造成布局和栽培管理上的不合理是一个重要因素, 多数研究者认为, 苜蓿不仅优质高产, 而且具有广泛的适应

性, 抗旱抗寒能力都很强^[2- 5], 同时不少报道也指出, 苜蓿属高耗水作物^[6- 9], 由于受水资源限制, 近年对苜蓿盲目大面积推广已经在某些地区造成不良后果^[10], 有的还认为在半干旱地区的退耕坡地大面积种植苜蓿并非适宜^[11]。针对上述存在的问题, 本文着重讨论半干旱和半湿润地区苜蓿的生产力、耗水规律及抗旱特性, 以及三者之间的关系, 以期为我国北方, 特别是黄土高原地区苜蓿生产的进一步发展及深入研究提供参考。

1 关于苜蓿的生产力

一般认为, 苜蓿是高产饲料作物, 适宜于在降水量 300~ 800 mm 地区广泛种植, 但实际上在不

收稿日期: 2007210222; 修回日期: 2007212221

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX32SW2444) 资助。

作者简介: 山 仑, 中国工程院院士, 主要从事生物节水及半干旱地区农业发展研究。Tel 029287018325 E2mail shanlun@ms. iwcc. ac. cn

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

同降水区域、不同生育年限, 以及不同栽培条件下地上部生物量(产草量)差异甚大, 故其在不同地区的重要性不可一概而论。

李玉山等^[8]于 1986- 1998年在年平均降水量 580 mm 的半湿润区陕西省长武县的系统实验表明, 13年期间苜蓿年平均鲜草产量为 31 812.6 kg# hm⁻², 在 2~5 年适宜生长的高产期平均产量为 49 328 kg# hm⁻²。经对比估算, 高产期的产草量高出当地粮食作物地上生物量约 1 倍。

山仑等^[12]于 1985- 1990年在平均降水量 420 mm 的典型半干旱地区宁夏自治区固原县进行了系统的粮草轮作试验, 结果表明, 苜蓿 6年平均鲜草产量为 16 920 kg# hm⁻², 2~6 年适宜生长期平均产草量为 18 288 kg# hm⁻², 较当地同期粮食作物地上平均生物量 11 610 kg# hm⁻²高出 57.9%。

上面引用的两项试验都是在栽培管理条件与其他农作物基本一致的平坦土地上进行的, 故其结果具有一定的代表性和可比性。从试验结果看出, 半湿润地区苜蓿的生产力显著高于半干旱地区, 高产期且相当于半干旱区的 2.7 倍, 另外, 半湿润区苜蓿产草量高出一般农作物地上生物量的比例也明显大于半干旱区, 而某些情况下, 半干旱山区苜蓿的生产力还低于一些作物, 如谷子^[13]。这进一步说明, 从区域宏观角度看, 苜蓿产量形成与水分的关系较其他作物更为密切, 一些专门研究也证明苜蓿对水分条件变化更为敏感。如在半湿润区的长武, 苜蓿产草量高出另一种豆科牧草沙打旺 22%, 而在年平均降水量 328 mm 的半干旱区甘肃榆中, 沙打旺的产草量则高出苜蓿的 28%~113%^[14], 其竞争力表现出同一趋势。控水条件下试验表明, 充足供水条件下, 苜蓿苗期生物量显著高于沙打旺, 蒸腾效率也高出 16.1%; 而在低水条件下, 沙打旺较苜蓿生物量下降幅度小, 蒸腾效率也较高, 表明沙打旺苗期对土壤低水环境适应性强于苜蓿^[15]。其他研究也证明, 苜蓿生物量和水分利用效率对充分供水具有良好反应^[16-18], 其减产和土壤水不足呈显著线性关系^[19]。因此, 为了提高苜蓿的生产力及经济效益, 在半干旱及半湿润易旱地区对苜蓿实施补充灌溉是必要的。近年国内已有不少这方面的报道, 杨恒山等^[20]于 2003- 2006年在年平均降水量 399.1 mm 的西辽河地区的研究结果表明, 灌

溉苜蓿鲜草产量为 40 500 kg# hm⁻², 较不灌溉的提高 1 倍以上。朱湘宁等^[21]在年平均降水量 551 mm 的河北南皮地区的研究表明, 补充灌溉 100 mm 条件下, 苜蓿可增产 126%。在年平均降水量 392 mm 的内蒙古鄂尔多斯市, 自 2007年起, 该市积极发展水浇地苜蓿, 苜蓿大面积上的鲜草产量达 45 000 kg# hm⁻², 并用于发展养牛业, 已取得显著效益; 另外在陕西榆林市, 通过利用小块水地或坝地种植苜蓿用以发展畜牧业, 这也是一种新的经验。其实, 发展灌溉地苜蓿在一些国家已有了较成熟的经验, 如美国西部 11 个州以高品质苜蓿生产驰名于世, 平均产量达 17 000 kg# hm⁻²。研究认为, 半湿润区的降水量对于苜蓿生长基本是适当的, 而在半旱地地区为达到一定产量水平实施补充灌溉则是必需的^[22]。

在一定范围内, 苜蓿生物量与水分条件改善呈线性关系增长, 但苜蓿生物量对土壤养分(施肥)的反应并不敏感。在宁夏固原的试验结果表明, 苜蓿适当施用化肥后, 其生物量平均提高了 23.9%, 而粮食作物施肥增产幅度(生物量)则可达 58.4%~88.3%^[12]。在陕西长武的试验表明, 施肥区苜蓿平均增产幅度为 17.3%, 低于粮食作物对于肥料的敏感性, 但施肥能够延续苜蓿衰退发生时间^[8]。

如上所述, 苜蓿虽可以在降水量 300~800 mm 区域内广泛种植, 但主要由于水分供应不同造成其生产力差异甚大, 为了获得高产和高的比较效益应提倡在半湿润地区发展苜蓿, 半干旱地区种植苜蓿则应选择良好的种植土地, 并重视改善栽培管理技术, 有条件的地方还应施以补充灌溉。

2 关于苜蓿的水分利用

2.1 苜蓿的高耗水特性

虽然苜蓿的强吸水与高耗水特性已为多数研究者所认识, 但由此造成的后果以及伴随的低水效问题尚未引起足够重视, 因此, 在实际生产中出现了由于不考虑具体条件笼统倡导, 却难以有效发展起来的局面。

在 20 世纪初, Briggs 和 Shant 的实验证实苜蓿的需水量(蒸腾系数)在各参比作物中为最高^[23]。1977 年公布的粮农组织灌溉及排水丛书

作物需水量 0 分册中所列出的苜蓿蒸腾蒸发量 (ET) 数值为 600~1 500 mm, 高于水稻和棉花, 高值与甘蔗相当。李浩波等^[24] 归纳分析了国内外不同地域、不同生产方式下苜蓿的水分利用状况, 给出的数值范围是: 耗水量 (ET) 300~1 450 mm, 极端最高值 2 245 mm, 耗水强度 2~7 mm# d⁻¹。苜蓿具有深入土层的庞大根系, 具有强吸水和高耗水特性, 近年来, 由于长期种植苜蓿而形成的生物性土壤干层的问题已引起许多研究者的重视^[2 6 8 21]。由于年蒸散量高于降水量, 致使四年生苜蓿土壤水分亏缺程度与处于相同立地条件下的十八年生刺槐林接近^[25]。另有报道^[26], 典型半干旱区两年、三年生苜蓿地 1~4 m 土层内, 四年生 1~6 m 土层内, 五年生 1~8 m 土层内, 六年生 1~10 m 土层内, 其土壤含水量已接近或达到凋萎湿度, 因而认为, 人工苜蓿草地引起土壤深层干燥化问题是一个生产力和生态环境之间的失衡问题^[8]。如何解决这一问题? 提出的对策包括:

1 从单纯以追求高产为目标的人工草地生产调整为获得适度产量为目标, 以减缓土壤下伏干层的形成, 如: 黄土高原苜蓿草地适度生产力大致范围, 半干旱地区为 15 000 kg# hm⁻² 以下, 半湿润地区为 30 000 kg# hm⁻² 以下^[8]。

° 将苜蓿纳入农田正式轮作体系之中, 与耗水量低的作物实行轮作, 以缓解深层水的收支矛盾, 促进草业可持续发展。刘忠民等的研究结果显示^[27] 苜蓿的高耗水主要造成 2 m 以下深层土壤水的枯竭, 生长 2~3 年以后, 0~2 m 内土壤水分可恢复到相当程度, 如生长 5~6 年时, 4~5 m 土壤含水量已达凋萎湿度 (6% 左右), 而 0~1 m 间收割期仍达到 14%~19%, 耕层 (0~40 cm) 则为 16%~17%, 故可提倡实行苜蓿与粮食作物/离区轮作 0 (种植多年粮食作物后再种多年苜蓿)。

2.2 苜蓿的低水效问题

在宁夏半干旱区 6 年的研究表明^[27], 苜蓿年平均耗水量 (ET) 为 379 mm, 比粮食作物高出 42.9%, 按生物量计算的水分利用效率 (WUE), 苜蓿接近小麦, 而低于其他作物。陕西半湿润易旱区 12 年的平均试验结果^[8] 表明, 苜蓿风干草的 WUE 为 20.27 kg# mm⁻¹# hm⁻², 明显低于玉米等作物。与其他饲用牧草相比, 苜蓿的 WUE 也较低, 刘孝利等在年降水量 328 mm 的甘肃榆中

的研究证明^[14], 苜蓿是耗水最严重的牧草, 其 WUE 仅高于撂荒地, 而沙打旺则具有最高的生物量和 WUE, WUE 高出苜蓿 2 倍以上, 其次是草木栖。徐炳成等在陕西安塞不同类型土地上对黄土丘陵区五种牧草的水分利用进行了系统观测^[9], 发现苜蓿的日 WUE 除高于灌木类草本胡枝子外, 明显低于沙打旺、白羊草和柳枝稷, 其主要原因是: 苜蓿的蒸腾速率和单位面积日蒸腾量均显著高于另外三种牧草, 如分别高出可比性的沙打旺 61.4% 和 64.1%, 而光合速率则与沙打旺相当, 属于高蒸腾、低 WUE 类型。由此看出, 与多数农作物和牧草植物比较, 苜蓿的 ET 值高, 但 WUE 值较低, 虽在充分供水条件下苜蓿的生物量显著高于其他植物, 但当遭受水分胁迫后其生物量及 WUE 减少幅度也最大。

综上所述, 苜蓿在水分利用方面具有明显的双重特点, 主要表现为: 1 根系发达, 吸水能力强, 能充分利用土壤深层储水, 但易形成土壤干层, 为土地的持续利用造成困难; ° 耗水量与地上生物量呈紧密正相关关系, 苜蓿的高耗水可形成高生产力, 但水分利用效率较低, 付出的代价高, 用水不经济。

3 关于苜蓿的抗旱性

在黄土丘陵区严重干旱年份, 可观察到大片农田粮食作物出现凋萎而苜蓿仍生长正常的情景, 由此给人们一个直观的认识: 苜蓿的抗旱性是很强的。但其抗旱机制是什么? 主要靠御旱 (drought avoidance) 还是耐旱 (drought tolerance), 此点并不十分明确。特别是其生理耐旱性如何, 研究资料不多, 更缺少与其他植物种的比较研究报道。

如上分析, 苜蓿具有较高的御旱特性已基本明确。与此相适应, 已有一些研究表明, 与其他植物种比较, 在缺水条件下苜蓿仍可维持较高叶水势, 同时具有较强的水分传输能力。Jefferson 等的试验证明^[28], 与冰草属植物以及春小麦相比中午水分胁迫下, 苜蓿仍可保持较高水势, 并保持较高膨压。徐炳成等研究结果^[9] 表明, 苜蓿的叶水势日均值最高, 但日变化幅度大, 属高水势延迟脱水型, 进一步说明其具有典型的御旱特征。

在生理耐旱性方面, 水分胁迫下苜蓿表现出

具有一定的渗透调节能力^[28],不同生育阶段均出现游离脯氨酸的积累^[3],一般抗旱性强的苜蓿脯氨酸积累的敏感性低于抗旱性弱的苜蓿,而持续时间长于抗旱性较弱的苜蓿^[29]。但苜蓿脯氨酸积累程度并不能准确反映其渗透调节能力和耐旱性的强弱。张慧茹等^[30]进行的宁夏五种抗旱牧草与脯氨酸含量相关性的研究表明,水分胁迫条件下苜蓿中积累的脯氨酸含量最高(0.138 0%),胡枝子(0.077 7%),柠条(0.060 2%),羊柴(0.035 7%),沙打旺(0.018 2%)中脯氨酸积累依次递减,因而得出苜蓿耐旱能力最强,沙打旺耐旱能力最弱,应将苜蓿作为当地推广首选牧草的结论,这显然有不妥之处。首先不应简单地将脯氨酸积累多少作为衡量植物耐旱性的唯一标准;另外,实践和研究已经证明,沙打旺对逆境有很强的适应能力,其抗旱性比苜蓿和红豆草都强,特别是土壤水分降低后其生物量与WUE的稳定性明显超过苜蓿^[25]。

据文献报道^[31],随水分胁迫加重,苜蓿叶片的膜透性增加,活性氧的氧化伤害加剧,根系活力下降,在-0.8 MPa的PEG胁迫下,苜蓿的细胞膜即受到明显伤害,且品种间差异显著。但这些研究多缺乏种间的对比资料,故尚难以直接判断苜蓿生理耐旱性的强弱。

李文尧等^[31-33]在基本排除根系差异的控水条件下系统比较了苜蓿与高粱的生理耐旱性差异,初步结果可归结如下:

3.1 成苗期间的耐旱性

苜蓿在成苗阶段,种子萌动、萌发和出苗的临界水势,分别为-0.73 MPa - 0.63 MPa和-0.57 MPa而高粱则分别为-0.84 MPa - 0.78 MPa和-0.68 MPa说明苜蓿出苗需要较高的水势,其出苗过程对水分条件的要求较高粱严格,即成苗期间苜蓿对干旱逆境的抵抗与忍耐能力弱于高粱。另有研究表明^[34],播种至出苗期间玉米种苗耐旱性优于高粱,出苗需水条件较高粱要求为低,对比之下进一步说明,苜蓿在此期间的耐旱能力是比较差的。

3.2 渗透调节及抗氧化能力

受到水分胁迫后苜蓿与高粱均产生一定的渗透调节及抗氧化能力,不同的是高粱叶片的渗透物质以可溶糖为主,苜蓿则含 K^+ 量大。在渗透

调节能力上则是高粱明显大于苜蓿。受胁迫后高粱叶片和根系的细胞质膜透性在复水后均恢复到胁迫前水平,而苜蓿仅根系膜透性及MDA含量恢复到了对照水平,说明高粱细胞膜被伤害的程度相对较轻。

3.3 根系水分传输能力

受到水分胁迫后苜蓿根系吸水阻力增加,整株根系水力学导度(L_p)急剧下降,高粱则表现为降幅平缓,并在复水2 h后迅速恢复,复水36 h后,高粱 L_p 可恢复到胁迫前水平,而苜蓿复水24 h后才明显恢复,且最终不能完全恢复到对照水平。因此,说明苜蓿在干旱逆境下维持水分传输能力方面弱于高粱。另外,受到胁迫后高粱的光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)和蒸腾速率(T_r)下降幅度均远低于苜蓿,且复水后能迅速恢复,而苜蓿在复水后12~36 h才逐渐恢复,因此,水分亏缺对高粱光合作用造成的伤害小于苜蓿。

3.4 水分利用和地上生物量

生长一年和两年的苜蓿,经中度干旱(土壤含水量相当于饱和持水量的50%~55%)和严重干旱处理(土壤含水量相当于饱和持水量的35%~40%),蒸腾耗水量分别比正常供水处理(土壤含水量相当于饱和持水量的70%~75%)下降了44.20%、71.43%和32.36%、50.80%;高粱则分别下降了28.43%和45.43%,其下降幅度表现为一年生苜蓿>两年生苜蓿>高粱。另外,生长一年和两年的苜蓿,中度干旱和严重干旱处理下WUE分别增加了19.74%、26.63%和18.73%、29.23%,高粱则分别增加了27.31%和35.92%,增加幅度为:高粱>两年生苜蓿>一年生苜蓿。最后,受到中度干旱和严重干旱处理后苜蓿生物量分别比正常供水处理下降了22.47%和55.03%,而高粱则分别下降了10.03%和25.42%。以上结果说明,水分亏缺下苜蓿耗水量下降幅度虽比高粱大,但WUE增加幅度小,而且减产显著。有关受旱后苜蓿WUE有所提高但产量下降的研究结果在其他文献中也有报道^[35,36]。

据上述研究结果,可以作出抗旱作物高粱对干旱胁迫的忍耐力明显大于抗旱牧草苜蓿的结论。

4 讨论及建议

苜蓿属于高耗水的豆科牧草,在水分充足条件下可获得高额产量和高的效益,而在低水条件下虽能适应生存,耗水量显著下降,但产量下降幅度更大,用水不经济,比较效益低,故从区域角度考虑更应提倡在年降水量大于 550 mm 以上的半湿润地区发展;在降水量低于 450 mm 以下的半干旱地区种植苜蓿则是有条件的,为适应其高耗水、低水效特点,以取得较高的生态和经济效益,应选择在地形地貌适宜并具有深厚土层的土壤上种植,并加强田间管理,有条件的地方施以补充灌溉,而不应一般性地倡导在退耕陡坡地上大力发展。

一般地讲,苜蓿是一种抗旱性强的栽培牧草的提法是对的,但要作具体分析。苜蓿抗旱性强主要来自其御旱特性,即主要是通过其发达的根系从土壤深层强吸水的结果,而其生理耐旱能力并不很强,如上所述,其生理耐旱能力明显低于一些耐旱性强的牧草或作物。据此,在半干旱地区,特别是黄土高原地区发展人工饲草,不宜单一倡导苜蓿,如在陡坡退耕地仍应适当发展抗逆性更强的沙打旺,在农田则应注重高光合、低蒸腾类型如谷子等节水作物的发展和利用等。

为建立起稳定的人工草地,同时也为适度控制苜蓿的生产力,避免出现影响到农田持续增产及区域水分平衡的永久性土壤干层,当务之急是要把苜蓿(含其他类牧草)纳入农田正式轮作制度之中,实行科学的草粮轮作制度,而在这一方面各地考虑的还很少,可借鉴的系统成功经验不多。

鉴于当前在苜蓿的推行上带有一定的盲目性,但实际上又发展缓慢的现状,今后为充分发挥其生产潜力及在农业结构调整中的重要地位,建议加强对苜蓿的系统研究,包括:①就苜蓿适宜发展的地区和条件进行科学区划;②确定不同地区适宜的轮作制度;③制定不同生产水平下的田间管理栽培技术标准;④培育丰产、节水、抗逆新品种,这方面的研究很薄弱,但十分重要,应达到像对待粮食和经济作物那样的重视程度;⑤苜蓿生产的综合技术包括种植、收获、运输、加工和利用等环节。如果能做到上面几点,必将大大推动苜

蓿生产及其对整个半干旱地区农业的带动作用。

参 考 文 献

- [1] 唐俊海,樊建成,杨青川,等.苜蓿抗旱性及其育种研究进展[A].见:洪波曾,任继周主编,中国国际草业发展暨中国草原学会第六届代表大会论文集))现代草业科学发展[C].北京:中国草学会,2002,144-149.
- [2] 李凤民,张振万.宁夏盐池长芒草草原和苜蓿人工草地水分利用研究[J].植物生态学与地植物学学报,1991,15(4):319-329
- [3] 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,2005,14(6):7-13
- [4] 韩路,贾志宽,韩清芳.西北干旱半干旱地区发展苜蓿草业的优势条件及前景分析[J].干旱地区农业研究,2003,21(2):154-157
- [5] 温晓霞,翁琴,李生焯,等.黄土高原苜蓿草业开发利用探讨[J].干旱地区农业研究,2003,21(3):160-163.
- [6] 张晓红,王惠梅,徐炳成,等.黄土塬区3种豆科牧草对土壤水分的消耗利用研究[J].西北植物学报,2007,27(7):1428-1437.
- [7] 白文明.灌溉对干旱沙区紫花苜蓿生物学特性的影响[J].生态学报,2002,22(8):1247-1253
- [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):404-411
- [9] 徐炳成,山仑,李凤民.半干旱黄土丘陵区五种植物的生理生态特性比较[J].应用生态学报,2007,18(5):990-996
- [10] 熊伟,王彦辉,程积民,等.三种草本植物蒸散量的对比试验研究[J].水土保持学报,2003,17(1):170-172
- [11] 张行勇.巩固退耕还林还草三措施[N].科学时报 区域周刊,2007-08-27
- [12] 山仑,刘忠民,辛业全,等.宁南山区草田轮作研究Ⅱ.不同轮作方式生产力及效益[J].水土保持学报,1992,6(4):60-68
- [13] 山仑,徐炳成,杜峰,等.陕北地区不同类型植物生产力及生态适应性研究[J].水土保持通报,2004,24(1):1-7
- [14] 刘孝利,李凤民,曾昭霞,等.黄土高原地区不同草地退耕模式水分利用效率比较[J].生态学报,2007,27(7):2847-2855
- [15] 徐炳成,山仑,李凤民.苜蓿与沙打旺苗期生长和水分利用对土壤水分变化的反应[J].应用生态学报,2005,16(12):2228-2332
- [16] Bolger T P, Matches A G. Water use efficiency and yield of sainfoin and alfalfa[J]. Crop Sci, 1990, 30: 143-148.
- [17] Grimes DW, Wiley P L, Sheesley W R. Alfalfa yield and plant water relations with variable irrigation[J]. Crop Sci, 1992, 32: 1381-1387
- [18] Ray IM, Townsend M S, Muncy C M. Heritabilities and interrelationships of water use efficiency and agronomic traits in irrigated alfalfa[J]. Crop Sci, 1999, 39: 1088-1092
- [19] Saeed I A M, ElNadi A H. Irrigation effects on the growth yield, and water use efficiency of alfalfa[J]. Irrig Sci, 1997, 17(2): 63-68
- [20] 杨恒山,孙德智,肖艳云,等.灌溉条件下紫花苜蓿留茬高度的再生效应[J].干旱地区农业研究,2007,25(4):185

