

科尔沁沙地几种经济植物耗水特征研究

郑松州¹, 汪季¹, 张利文², 王钟涛³, 罗凤敏¹, 孙萍⁴

(1. 内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019; 2. 内蒙古自治区环境工程评估中心, 内蒙古 呼和浩特 010011;
3. 亿利资源集团有限责任公司, 内蒙古 鄂尔多斯 017000; 4. 内蒙古贺兰山管理局, 内蒙古 阿拉善 750306)

摘 要:在科尔沁沙地采用盆栽称重法对长柄扁桃(*Amygdalus pedunculata* Pall.)、白城欧李(*Cerasus humilis* (Bge.) Sok.)、柽柳桑(*Morus mongolica* (Bur.) Schneid. var. *diabolica* Koidz.)的耗水量进行了研究,并对苗木在不同灌溉量处理下的耗水特性及生长生理性能进行研究。结果表明:在相同自然环境条件下柽柳桑为高耗水植物,长柄扁桃和白城欧李为低耗水植物;灌溉量越高净光合速率和光量子转化效率(F_v/F_m)值均呈现增加趋势,受影响程度为柽柳桑>白城欧李>长柄扁桃;随着干旱胁迫增大,叶片相对含水率减小,但是变化不明显,细胞质膜透性增大;不同灌溉处理下50%处理植株生长综合最好,其它3个处理基本表现为灌溉量越多,植株生长越好,其中叶面积与灌溉水平之间表现出明显的相关性(0.83~0.97),是体现植株水分匮乏的良好指标。

关键词:科尔沁沙地;耗水量;光合速率;膜透性;生长指标

中图分类号:S 714.2;S 152.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)16-0064-05

水分是影响植物生长的重要因素,尤其在北方干旱半干旱地区,降水量远低于地表蒸发量,土壤水分决定

第一作者简介:郑松州(1987-),男,河北晋州人,硕士研究生,研究方向为荒漠化防治。E-mail:zhengsongzhou@126.com

责任作者:汪季(1957-),男,山东济南人,博士,教授,博士生导师,现主要从事荒漠化防治研究工作。E-mail:wangji1957@163.com

基金项目:国家科技支撑计划资助项目(2011BAC07B02-03);国家重点基础研究发展计划资助项目(2009CB825103);内蒙古农业大学防沙治沙科研创新团队计划资助项目(NDTD2010-11)。

收稿日期:2013-04-15

轮作:与非伞形科类作物实行3 a以上的轮作,最好水旱轮作。

加强栽培管理:严重发病的地块,收获后将病残组织清理干净,深翻土地,在阳光下暴晒或休闲期深翻灌水。栽前多施基肥,追肥以氮肥为主,增施钾肥,生长后期可叶面喷施0.2%氯化钙或硝酸钙,0.2%硼砂2~3次;冬季保护地生产注意通风降湿,避免对植株造成伤害,发病后适当控制浇水。

药剂防治:根腐病发病初期25%咪鲜胺乳油1500倍液、60%百泰水分散粒剂1500倍液、43%好力克悬浮剂3000倍液、25%凯润乳油3000倍液、50%多菌灵可湿性粉剂500倍液、10%苯醚甲环唑可分散粒剂1500倍液、70%甲基托布津可湿性粉剂400倍液、30%恶霉灵水剂600倍每株灌250 mL药液,连作多年的重病地定植前可以配合上述药剂1.8%阿维菌素乳油1200倍灌施,生长期每隔5~7 d灌1次,连灌2~3次。出现病株后在拔除烧毁病株,以上述药剂封锁发病中心,控制蔓

了沙地生态系统的演化。科尔沁沙地是我国水肥条件较好的沙地之一,位于我国北方农牧交错带东南端,随着当地人口的扩张和工业发展,生态环境遭到严重破坏,植被退化,湖泊干涸,生态系统变得越来越脆弱,沙化速度加快^[1]。科尔沁沙地近些年地下水位迅速下降,为沙区植被生长带来长远影响,干旱缺水已成为沙地生态恢复的主要限制因子。因此,充分利用有限水资源,选择抗旱节水并具有一定经济价值的树种;制定合理高效的灌溉制度是至关重要的。为了达到适树适量,进行

延。软腐病可采用在发病初期用抗生素类或铜制剂喷雾防治。如72%农用链霉素可溶性粉剂3000倍,3%中生菌素可湿性粉剂800倍,90%新植霉素可湿性粉剂3000倍,41%乙蒜素乳油1000倍,50%琥胶肥酸铜可湿性粉剂500倍液,14%络氨铜水剂300倍液,47%加瑞农可湿性粉剂700倍液,77%可杀得101可湿性微粒粉剂500倍液等。每隔7~10 d喷1次。菌核病发病初期用60%百泰可分散粒剂1000倍液、50%速克灵可湿性粉剂1500倍液、50%扑海因可湿性粉剂1500倍液、43%好力克悬浮剂3000倍液、50%凯泽水分散粒剂1000倍液、50%农利灵水分散粒剂1000倍液、40%菌核净可湿性粉剂800倍液喷施根茎部。心腐病可以通过叶面喷施0.3%的硝酸钙溶液混0.2%的硼砂溶液进行预防。

参考文献

- [1] 吕佩珂. 中国现代蔬菜病虫害图鉴[M]. 北京:蓝天出版社,2010.
- [2] 王玲娜. 内蒙芹菜连作障碍微生物修复研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2010.

植物的耗水特性以及耗水量的深入研究是必要的。

目前对于植物耗水量测定的研究方法很多,主要有盆栽称重法、同位素示踪法、热技术法、风调室法、整树容器法和蒸渗仪法。这些方法具有各自适用的条件和环境,精确度也各异,但是均有一定的使用价值。随着运用热技术法及盆栽法测定树木活体蒸腾耗水方法的日趋完善,目前国内外使用热技术法与盆栽方法估测林木水分利用量的研究越来越普遍^[2-3]。现在科尔沁沙地采用盆栽称重法研究引进的3种经济植物的耗水特性及在不同灌溉水平下的形态及生理特征,以期为科尔沁沙地节水抗旱型经济植物筛选以及当地生态恢复建设提供一定基础科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于科尔沁沙地中南部的奈曼旗境内,地理位置东经120°55′、北纬42°41′,平均海拔360 m。该地区属温带半干旱大陆性季风气候,年平均降水量372 mm,主要集中在6~8月。年均风速3.6~4.1 m/s,冬季多西北风,夏季多西南风。全区日照2900 h,日照率达67%,10℃以上活动积温3160℃,无霜期140~150 d。土壤类型主要有风沙土、草甸土、沙质栗钙土和沼泽土。植物种类有狗尾草(*Setaria viridis*)、画眉草(*Eragrostis pilosa*)、地锦(*Euphorbia humifusa*)、五星蒿(*Bassia dasyphylla*)、灰绿藜(*Chenopodium acuminatum*)、苦苣菜(*Ixeris denticulata*)、差巴嘎蒿(*Artemisia halodendron*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、地稍瓜(*Cynanchum the-sioides*)、虫实(*Corispermum elongatum*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)和冷蒿(*Artemisia frigida*)等。

1.2 试验材料

选择1a生长柄扁桃、白城欧李苗以及椴栲桑嫁接苗为试验材料。

1.3 试验方法

试验采用盆栽称重法,所用花盆直径为30 cm,高28 cm。设定盆栽土壤田间最大持水量的90%为土壤适宜含水率。处理设定5个灌溉水平,即灌溉后盆内体积含水量分别达到土壤适宜含水率的25%、50%、75%、100%以及不进行灌溉,且每个处理5次重复。将盆内样株进行统一修剪,以期减少误差。用覆膜的方式防止水分的蒸发与渗漏^[4-5]。

1.4 项目测定

8月份是该地区降雨量较多但地表温度较高、蒸发强烈的时期,植物对水分的需求最大,所以试验选择2012年8月份连续对供试植物进行耗水量和干旱胁迫

控制监测。

土壤田间持水量:利用环刀法在室内测定试验土壤的田间持水量。灌溉量及灌溉周期:严格按照设定的灌溉水平对试验植物进行精确灌溉,并在灌溉前后称重。其中,25%灌溉量为0.45 L,50%灌溉量为0.90 L,75%灌溉量为1.35 L,100%灌溉量为1.80 L,对照灌溉量为0,试验处理编号分别为I、II、III、IV、CK。在8月1日至9月1日间共灌溉4次。耗水量:使用精密天平(DT-60KA)在灌溉前后称重,测定整株苗木的耗水量,最后取5次重复的平均值。叶绿素荧光效率:在试验末尾,天气晴朗的上午,使用HANDY PEA便携式荧光仪测定整株植物的荧光效率,每株选取中间部位的3片健壮叶片进行测定。叶片暗适应15~20 min后测定初始荧光(F_0)、最大荧光产量(F_m)、可变荧光(F_v)、PSII最大光化学量子产量(F_v/F_m)。光合速率:8月末试验结束后,选择阳光充足的上午,使用Li-6400光合分析仪在固定光源1500 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 照射下测量植株光合速率,以植株当年生枝条中部外围东南西北4个方位各选2个叶片进行测定。膜透性:使用电导率法测定,每个植株取3片叶片的混合物作为测定样本。植物生长指标:试验结束后,利用卷尺测量植株冠幅与株高,同时采集活体叶片并使用基于图像处理技术方法计算叶面积。

1.5 数据分析

利用SAS 9.1对不同灌溉处理之间的差异多重比较采用 t 检验的LSD(Least significant difference)分析。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉处理对日均耗水量影响

从表1可以看出,随着灌溉水平降低,各植物种日均耗水量呈下降趋势。椴栲桑8月份日均耗水量最大,达到0.081 kg/d。欧李由于植株矮小,耗水量较小,日均耗水量只有0.025 kg/d。根据多重方差比较分析的结果,长柄扁桃100%和75%灌溉处理下,日均耗水量差异不显著,此时长柄扁桃处于水分充足的状态,生理和生长变化稳定,对水分的需求都较高;50%与25%处理日均耗水量差异显著($P<0.05$)。白城欧李100%和75%灌溉处理下,日均耗水量差异不显著,50%与25%处理日均耗水量差异极显著($P<0.01$)。椴栲桑各个灌溉处理之间相比差异均显著,可见其对水分较为敏感,随着灌溉梯度降低,其蒸腾作用迅速发生变化。这3种植物之间蒸腾耗水量都存在显著差异($P<0.01$),在相同外界环境条件下的植物蒸腾耗水量变化幅度反映了植株的耗水能力的高低。综上,在这3种经济植物中,椴栲桑耗水量最大,属于高耗水型植物;欧李和长柄扁

表1 不同灌溉处理对日均耗水量的影响

植物种	25%	50%	75%	100%	均值
长柄扁桃	0.041	0.057	0.077	0.081	0.064 a
白城欧李	0.014	0.021	0.028	0.035	0.025 b
梓柳桑	0.047	0.054	0.086	0.136	0.081 c
F	—	—	—	—	3 953.8**

注:多重比较 *t* 检验 LSD 法,不同字母表示差异显著;** $P < 0.01$ 。

桃则属于低耗水型植物。

2.2 不同灌溉处理对净光合速率的影响

光合速率是反映植株生长状况的一个很好的指标,其对光照和水分的变化比较敏感^[6]。从图1可以看出,随着灌溉量的增加,净光合速率呈现增加的趋势。长柄扁桃和白城欧李净光合速率在各处理下差异不显著,这2种植物与梓柳桑相比差异显著。梓柳桑净光合速率随着灌溉量减小变化趋势较均匀,而长柄扁桃和白城欧李从100%处理到50%处理较小趋势较平缓,到25%灌溉处理降低明显。可见50%灌溉量已经能够保证2种植物保持较高光合速率。

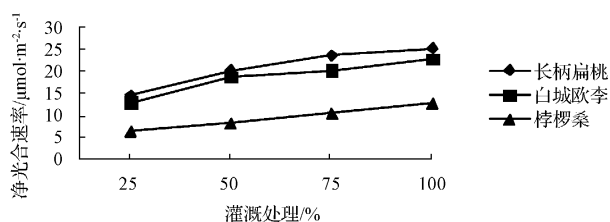


图1 不同灌溉处理对净光合速率的影响

2.3 不同灌溉处理对植株叶绿素荧光特性的影响

F_v/F_m 是PSII最大光化学量子产量,其大小反映了PSII反应中心内原初光能的转换效率(最大PSII的光能转换效率),非胁迫条件下该参数的变化极小,不受物种和生长条件的影响,胁迫条件下该参数明显下降,是反映光抑制程度的良好指标^[7]。从图2可以看出,随着灌溉水平降低,各植物种最大量子产量呈下降趋势。最大量子产量长柄扁桃>白城欧李>梓柳桑。长柄扁桃、白城欧李100%和75%灌溉处理下的最大量子产量与50%、25%处理之间差异也不显著,同样50%与25%灌溉处理之间差异不显著,说明这2种植物较为耐旱,在灌溉水平降低时仍能保证有效的光利用率,为生长提供能量和营养。梓柳桑100%和75%灌溉处理下的最大量子产量与50%、25%处理相比差异显著,可见其对水分较为敏感,随着灌溉梯度降低,其生理发生变化,光利用效率降低。

2.4 不同灌溉处理对叶片细胞质膜透性的影响

从图3可以看出,随着灌溉水平降低,各植物种细

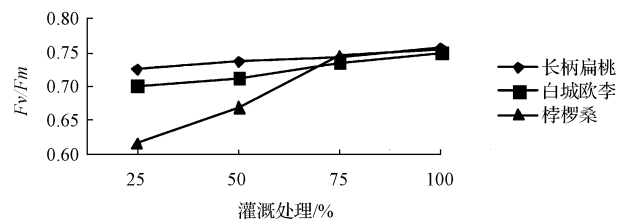


图2 不同灌溉处理对叶绿素荧光特性的影响

胞质膜透性呈增加趋势。长柄扁桃25%、50%、75%处理下的细胞质膜透性分别是100%灌溉处理2.84倍、2.27倍和1.19倍。75%灌溉处理与100%灌溉处理之间差异不显著,可见75%与100%处理相比水分亏缺较小,植株生理变化较微弱,直到50%灌溉水平时,细胞质膜透性才与100%灌溉处理差异显著($P < 0.01$)。白城欧李25%、50%、75%处理下的细胞质膜透性分别是100%灌溉处理2.97倍、2.03倍和1.38倍,与100%灌溉处理之间差异均极显著($P < 0.01$)。梓柳桑25%、50%、75%处理下的细胞质膜透性分别是100%灌溉处理2.92倍、2.23倍和1.28倍,与100%灌溉处理差异均极显著。这3种植物种,细胞质膜透性变化量梓柳桑>白城欧李>长柄扁桃,长柄扁桃耐旱性最强,细胞对于干旱的抗性最大,而欧李稍次之,这2种植物种抗旱性均较强,而且差异较小。与桑树相比,这2种植物由于对水分较为敏感,叶面较大,当灌溉量较小时反应最为明显。

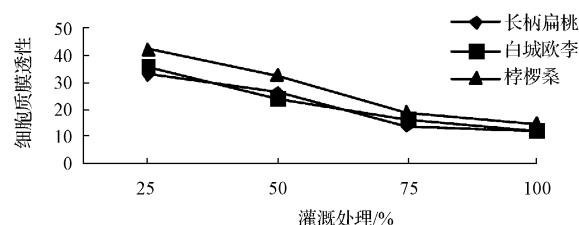


图3 不同灌溉处理对叶片细胞质膜透性的影响

2.5 不同灌溉处理对叶片相对含水率的影响

从图4可以看出,随着灌溉水平降低,各植物种叶片相对含水率呈降低趋势。长柄扁桃在75%灌溉处理下的叶片相对含水率比100%灌溉处理降低0.4%,50%灌溉处理比100%灌溉处理降低0.5%。可见75%与50%处理相比,叶片相对含水量降低幅度差距并不明显。而25%灌溉处理下叶片相对含水量比100%降低1.5%,比50%的处理水平也降低了1%,可见25%的灌溉水平对叶片相对含水量率的影响与其它3个处理对叶片相对含水率的影响差异达显著水平($P < 0.01$)。白城欧李25%、50%、75%处理下的叶片相对含水率分别比100%灌溉处理降低了2.8%、1.2%、0.6%。梓柳桑

25%、50%、75%处理下的叶面相对含水率分别比100%灌溉处理降低了1.2%、2.4%、4.9%。综合比较,叶片相对含水率变化量柃栎桑>白城欧李>长柄扁桃,长柄扁桃叶片保水能力最强,对于干旱的抗性最大,而欧李稍次之,这2种植物种抗旱性均较强。桑树相比这2种植物,由于叶片相对含水率随干旱增加而降低的程度最大,叶面保水能力最差,当灌溉量较小时反应也最为显著。

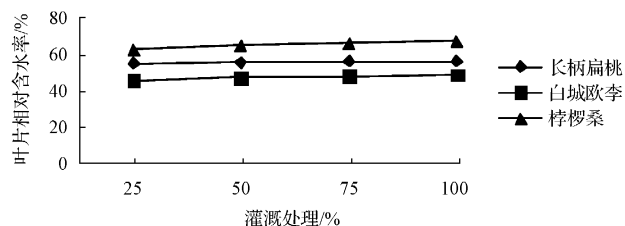


图4 不同灌溉处理对叶片相对含水率的影响

2.6 不同灌溉处理对植株外形的影响

植株外形与多个生长指标有关,因此对长柄扁桃、白城欧李、柃栎桑3种植物在不同灌溉处理下的株高、冠幅、叶面积等指标进行了分析。并采用切诺斯综合评价法对4种灌溉处理下灌木整体的生长表现进行综合评价^[8]: $P_i = \sum W_j \times a_{ij} / a_{ij}$ 。

式中, $i=1,2,3,4$,为4种灌溉处理; $j=1,2,3$,为3个评价指标; W_j 为j个评价指数的权重; a_{ij} 为i种模式第j个指标的数值, a_{ij} 为基准模式第j个指标数值。确定100%处理为基准,树高及冠幅的权重确定为0.3,叶面积的权重确定为0.4。

表2 不同灌溉水平与植株外形指标相关分析

植物	相关因子	相关系数	回归方程
长柄扁桃	株高—灌溉量	0.533 *	$y=11.2x+51.5$
	冠幅—灌溉量	0.213 *	$y=-2.7893x+57.128$
	叶面积—灌溉量	0.963 *	$y=4.16x+5.3$
白城欧李	株高—灌溉量	0.026 *	$y=2.2x+19.15$
	冠幅—灌溉量	0.131 *	$y=1.6157x+15.127$
	叶面积—灌溉量	0.972 *	$y=3.24x+3.3$
柃栎桑	株高—灌溉量	0.021 *	$y=-1.52x+45$
	冠幅—灌溉量	0.515 *	$y=6.8385x+52.744$
	叶面积—灌溉量	0.829 *	$y=7.36x+22.4$

注: * 表示0.05水平差异显著。

通过对长柄扁桃、欧李、柃栎桑3种植物株高、冠幅、叶面积等指标与不同灌溉处理之间的相关性可知,株高和冠幅与灌溉量之间的相关性很差,叶面积与灌溉量之间呈线性相关,相关系数达0.83~0.97。

从图5可以看出,植株株高和冠幅与灌溉处理梯度趋势不一致,只有叶面积随着灌溉水平增加而增大,综合评价指数来看,植株外形特征与灌溉处理梯度之间的

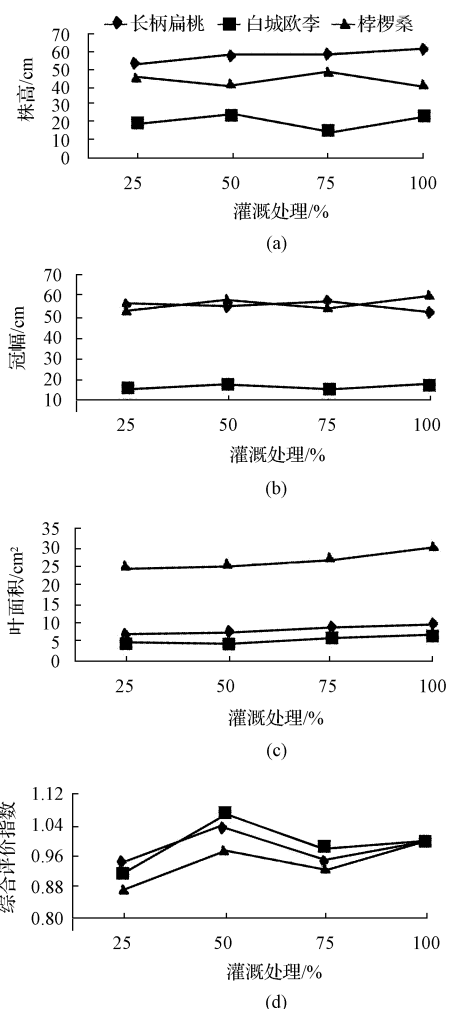


图5 不同灌溉处理植株外形变化

关系显著相关,50%灌溉处理下综合表现最好,而其它3种处理下植株外形基本表现为100%>75%>25%。Ridge等^[9]研究表明,木本植物相对于其它植物类,其生物量的快速积累与较大的叶面积以及高效的光合速率有关,但是叶面积与光合速率相比又显得更为重要,在光合速率相差不大的情况下,更大的叶面积积累的能量越大。Taylor等^[10]的研究表明,在植物生长过程中,单片叶面积大小是体现植株生长状态的一个很好的指标,与水分和养分的相关性更显著。

3 结论

随着灌溉水平降低,各植物种日均耗水量呈下降趋势。在这3种经济植物中,柃栎桑耗水量最大,属于高耗水型植物;白城欧李和长柄扁桃则属于低耗水型植物。

随着灌溉量的增加,净光合速率呈现增加的趋势。长柄扁桃和白城欧李净光合速率在各处理下差异不显著,这2种植物与柃栎桑相比差异显著。随着灌溉水平降低,各植物种最大量子产量 Fv/Fm 呈下降趋势。最

大量子产量从大到小依次是:长柄扁桃>白城欧李>柽柳。柽柳对水分最为敏感,随着灌溉梯度降低,其生理发生变化,光量子转化效率降低。细胞质膜透性变化量从大到小依次是:柽柳>白城欧李>长柄扁桃,长柄扁桃耐旱性最强,细胞对干旱的抗性最大,而欧李稍次之,这2种植物种抗旱性均较强,而且差异较小。柽柳相比这2种植物,由于对水分较为敏感,叶面较大,当灌溉量较小时反应最为显著。长柄扁桃叶片保水能力最强,对干旱的抗性最大,而欧李稍次之。

植株株高和冠幅与灌溉处理梯度趋势不一致,只有叶面积随着灌溉水平增加而增大。通过分析长柄扁桃、白城欧李、柽柳3种植物株高、冠幅、叶面积等指标与不同灌溉处理之间的相关性可知,株高和冠幅与灌溉量之间的相关性很差,叶面积与灌溉量之间呈线性相关,相关系数达0.83~0.97。综合评价指数来看,植株外形特征与灌溉处理梯度之间的关系显著相关,50%灌溉处理下综合表现最好,而其它3种处理下植株外形基本表现为100%>75%>25%,说明叶面积是体现水分匮乏的一个很好的指标。

参考文献

- [1] 赵哈林,赵学勇,张铜会.科尔沁沙地沙漠化过程及其恢复机理[M].北京:海洋出版社,2003.
- [2] 朱妍,李吉跃,史剑波.北京六个绿化树种盆栽蒸腾耗水量的比较研究[J].北京林业大学学报,2006,28(1):65-70.
- [3] 岳广阳,张铜会,刘新平,等.热技术方法测算树木茎流的发展及应用[J].林业科学,2006,42(8):102-107.
- [4] 李新宇,赖娜娜,郗怡彬,等.北京市园林主要灌木单株耗水量比较研究[J].节水灌溉,2008,53(4):15-19.
- [5] 王少坤,赵学勇,左小安,等.科尔沁沙地小叶锦鸡儿灌丛下土壤水分对降雨响应的空间变异性[J].干旱区研究,2008,25(3):390-393.
- [6] 杨敏生,乔进春,杨洁,等.扁桃幼苗对水分胁迫的响应[J].河北林果研究,2001,16(2):141-144.
- [7] 褚建民,孟平,张劲松,等.土壤水分胁迫对欧李幼苗光合及叶绿素荧光特性的影响[J].林业科学研究,2008,21(3):295-300.
- [8] 樊江文,梁懿,霍桂林.北方农牧交错带农户农业生产系统模式评价与优化研究[J].中国生态农业学报,2002,10(3):108-111.
- [9] Ridge C R, Hinckley T M, Stettler R E, et al. Leaf growth characteristics of fast-growing polar hybrids *Populus trichocarpa* [J]. Tree Physiology, 1986 (1):209-216.
- [10] Taylor G, Beckett K P, Robinson K M, et al. Identifying QTL for yield in UK biomass poplar [J]. Aspects of Applied Biology, 2001, 65:173-182.

Study on Water Consumption Characters of Three Economic Plants in Horqin Sandy Land

ZHENG Song-zhou¹, WANG Ji¹, ZHANG Li-wen², WANG Zhong-tao³, LUO feng-min¹, SUN Ping⁴

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 2. Inner Mongolia Autonomous Region Environment Engineering Assessment Center, Hohhot, Inner Mongolia 010011; 3. Elion Resources Group, Ordos, Inner Mongolia 017000; 4. Inner Mongolia Administration of Helan Mountain, Alxa, Inner Mongolia 750306)

Abstract: Water consumption of three economic plants *Amygdalus pedunculata* Pall., *Cerasus humilis* (Bge.) Sok. and *Morus mongolica* (Bur.) Schneid. var. *diabolica* Koidz. were studied using potted weighing method in horqin sandy land, water characteristics and growth physiological properties of nursery stock in different irrigation quantity under the processing were researched and evaluationed. The results showed that in the same natural environment condition, *Morus mongolica* (Bur.) Schneid. var. *diabolica* Koidz. was hight water plant. *Amygdalus pedunculata* Pall. and *Cerasus humilis* (Bge.) Sok. were low water plant. The value of P_n and F_v/F_m increased as amount of irrigation. The variable quantity of three pants was that, *Morus mongolica* (Bur.) Schneid. var. *diabolica* Koidz. more than *Cerasus humilis* (Bge.) Sok., *Amygdalus pedunculata* Pall. was the best. With the increasing of drought stress, the blade relative moisture content decreased, but the change was not obvious. Also, the cytoplasmic membrane permeability increased. In the four different irrigation treatments, they grew the best with 50% irrigation volume. The other three treatments were that the more irrigation quantity the better plants growth. Leaf area and irrigation level were related obviously. The value was 0.83 to 0.97. It was a good indicator to response the plant lacking of water.

Key words: Horqin sandy land; water consumption; net photosynthetic rate; membrane permeability; growth index