

天津市绿化树木生长及健康状况对不同节水灌溉模式的响应

柳红¹, 刘成宝¹, 胡雪峰², 毛世泽³, 何九波^{3*} (1. 天津绿茵景观生态建设股份有限公司, 天津 300384; 2. 天津师范大学生命科学学院, 天津 300392; 3. 天津美境源生态科技有限公司, 天津 300392)

摘要 以天津市3种常见绿化植物国槐、白蜡及海棠为研究对象, 分别采用传统漫灌技术、滴灌节水技术、粘土宝根灌节水集成技术3种节水灌溉管理方式, 调查分析试验树种的株高、直径、胸径以确定不同灌溉方式对树木生长情况的影响, 分析不同灌溉处理对绿化植物健康评价指标和综合健康评价的影响。结果表明, 灌溉方式对树高并无显著性影响; 滴灌和粘土宝根灌相较于漫灌对照处理有增加植物直径、胸径的趋势, 可以良好满足植物正常生长。滴灌和粘土宝根灌均没有对植物健康评价指标和综合健康评价造成显著的影响, 并且国槐和海棠2种植物在滴灌和粘土宝根灌方式下健康程度高于漫灌对照。

关键词 园林; 绿化; 节水; 植物; 健康评价

中图分类号 S731.2 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2024)21-0107-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2024.21.022



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Response of the Growth and Health Status of Green Trees to Different Water-Saving Irrigation Modes in Tianjin

LIU Hong¹, LIU Cheng-bao¹, HU Xue-feng² et al (1. Tianjin Green Landscape Ecological Construction Co., Ltd., Tianjin 300384; 2. College of Life Sciences, Tianjin Normal University, Tianjin 300392)

Abstract In this study, three common greening plants, *Sophora japonica* Linn., *Malus spectabilis* and *Fraxinus chinensis*, were selected as research objects at the Liangtou Seedling Base of Jinghai District, Tianjin City. The experiment was conducted over a one-year period, during which time the three kinds of greening plants were irrigated using three different techniques: traditional diffuse irrigation technology, drip irrigation water-saving technology, and clay root irrigation treasure water-saving integrated technology. The height, diameter, and diameter at breast height of the experimental trees were investigated and analysed to determine the effects of different irrigation methods on the growth of the trees. The results demonstrated that there was no significant effect of the irrigation methods on the height of the trees. However, drip irrigation and clay root irrigation treasure exhibited a tendency to increase the diameter and diameter at breast height of the plants compared with the control treatment of diffuse irrigation. This could be attributed to the satisfactory growth of the plants under these treatments. Subsequently, the impact of the implementation of water-saving technologies on the health evaluation indexes and comprehensive health evaluation of greening plants was clarified by measuring and analysing the tree health evaluation indexes under different irrigation treatments. The results demonstrated that neither drip irrigation nor clay treasure root irrigation had a significant impact on plant health evaluation indexes and comprehensive health evaluation. Furthermore, the health degree of the two plants, *Sophora japonica* Linn. and *Fraxinus chinensis*, was found to be higher than that of the irrigation control under drip irrigation and clay root irrigation treasure.

Key words Gardens; Greening; Water conservation; Plants; Health evaluation

伴随着我国城镇化的快速发展,“生态城市”“森林城市”等概念的相继提出,我国城市绿化需求日益增多^[1]。传统绿化产业的发展往往依托于较大的水资源消耗,而我国水资源的匮乏与分布的不均衡直接限制了某些区域的绿化产业发展。在如何平衡解决资源和发展的矛盾的背景下,我国围绕着“节水型灌溉管理方式”开展了大量的相关研究。综合目前的研究发现:滴灌、粘土宝根灌是适宜于我国北方地区且能大面积推广的有效节水灌溉管理模式之一^[2]。

天津市地处我国华北平原北部,东临渤海,北依燕山,是我国北方最大的沿海开放城市。天津水资源总量 18.16 亿 m³,人均占有量 160 m³,是全国平均值的 1/15^[3],远低于世界公认的人均占有量 1 000 m³ 的缺水警戒线,是全国水资源人均占有量非常缺乏的城市之一^[4]。因此,天津市亟待通过新型节水型灌溉管理方式来缓解水资源短缺与城市绿化发展之间的矛盾。虽然节水灌溉管理方式能够降低水资源的利用量^[5],但是是否会对节水灌溉管理下树种的生长情况

造成不利影响,尚未有明确的结论。基于此,以天津市为研究地点,通过对传统漫灌和目前广泛推广的滴灌、粘土宝根灌管理技术下的3种树种的生长情况及健康评价指标进行研究,旨在从树木生长情况的角度对滴灌和粘土宝根灌技术做出评价,为天津市园林业发展提供理论支撑和实践案例。

1 材料与方法

1.1 研究区概况 在天津市静海区梁头种苗基地开展,该基地位于天津市静海区西 5 km,静文公路北侧,东邻静海镇和双塘镇,西接王口镇,南至陈官屯镇、子牙镇。研究区共占地 300 hm²,是天津市绿化树种的重要输送基地。研究区属暖温带季风性大陆气候,年平均气温 11.9℃,年降水 938.8 mm,年日照时数 2 699 h。

1.2 试验设计 采用漫灌、滴灌和粘土宝根灌3种灌溉方式为试验处理,以天津市主要的绿化树种:国槐、白蜡、海棠为研究对象,开展为期一年灌溉处理试验。不同树种均以传统漫灌为对照处理,对国槐采用漫灌、滴灌和粘土宝根灌3种灌溉处理,对白蜡和海棠分别进行漫灌、滴灌2种灌溉处理。在经过一年不同的灌溉管理方式下,分别调查分析不同试验树种的株高、直径、胸径等指标以确定不同灌溉方式对树木生长情况的影响。

基金项目 天津市重点研发计划科技支撑重点项目(23YFZCSN00100, 23YFZCSN00210, 15ZCZDSF00410)。

作者简介 柳红(1984—),女,内蒙古呼伦贝尔人,高级工程师,硕士,从事园林绿化工程管理及工程造价工作。*通信作者,高级工程师,硕士,从事园林绿化工程管理及技术研发。

收稿日期 2024-06-14;修回日期 2024-07-23

1.2.1 传统灌溉。传统漫灌技术即不使用任何的遮挡、沟壑。浇灌时任由水资源在地表肆意流淌,借助自然重力浇灌植物、农作物^[6]。其灌溉方式即“放任自流”,方式粗犷。该技术为该研究的传统灌溉对照处理。

1.2.2 滴灌。滴灌是通过低压管道系统与安装在软管上的灌水器通过直径约 5 mm 毛管上的孔口或滴头送到作物根部进行局部灌溉,既均匀又缓慢地将水剂营养物滴入植物根部土壤中的浇灌技术^[7]。

1.2.3 粘土宝根灌。粘土宝根灌是一种乔灌木根系生长专利产品,属于新型的节水装置。它内部存在一个庞大紧密相连的复杂集水系统,即装满轻型无机基质的透气软管产品,可在黏土区乔木根部竖向埋置,水分流经植物根部土壤时,慢慢渗入土壤,粘土宝首先减缓水流的下渗,给予植物充分的吸收时间。然后集水系统发挥作用,将部分未能被吸收的水储存于集水系统之中,通过其中一系列的系统与结构之间的枢纽和运输,使水分得到二次吸收,达到树木根部通风透气、土壤通透、根系高效利用灌溉水的目标。

1.2.4 树种选择。由于受到生态环境的限制,天津市绿化植物的品种较为单一,以常见乔木为主^[8]。该研究通过对天津市土壤条件、气候条件、绿化需求等多方面因素的考量,拟采用天津市园林绿化中具有高度普遍性和代表性的国槐、白蜡、海棠作为主要研究对象^[9]。

1.2.5 树木生长情况调查。该项研究选择在绿化植物生长的高峰期,每年的 8 月上旬,调查漫灌、滴灌及粘土宝根灌技术 3 种节水方式下,天津市主要绿化乔木国槐、白蜡、海棠的地上生长情况。每一个处理在调查的过程中均选择树龄为 5 年的 6 颗树木,并保证树木的平行性。详细调查方法如下:

①株高测定。采用测杆或测高器为工具,在测树高时一定要以测量者能看到树木顶端为条件,尽量减少误差,以 m 为计量单位。②直径测定。采用卡尺为工具。③胸径测定。用高 1.37 m 的杆子,这样可以保证能准确地确定对象木的胸径位置,以 cm 为计量单位。首先把测杆靠树放置,以指示出胸径的位置。测杆的放置方法取决于地面的坡度和树的形状;如果对象木在胸高位置分叉,则需要测量 2 个分叉,并在数据表中作为 2 株树作记录;如果对象木已经倒伏,但仍然存活,则将测杆放在树的根部测量胸高,其方法和树直立生长时相同。如果树上仍然有绿叶,则认为是活树,即便是树上仅有 1 或 2 片树叶,也把它当成活树看待。胸径尺在一端有勾,把有勾的一段压入树皮中,然后把测绳向右拉开。

1.2.6 树木生长指标测定。

1.2.6.1 树势测定。测量植株垂直照射下在地面上的阴影直径,用 m 作为计量单位,通常以“p”表示。

1.2.6.2 干基腐朽测定。通过观察腐朽病害数量,计数统计。

1.2.6.3 树干损伤测定。利用计数法,寻找面积超过 1 cm² 非人为标记的自然损伤的部分,发现一个则记作为 1,从下至上观察地上整颗植株后记下总数算作完毕。

1.2.6.4 树干洞穴测定。采用计数法的手段,对于地面以

上植被进行观察计数,发现直径大于 0.5 cm 而且周围木质发黄黑色的洞记作 1,仔细寻找到全部洞穴,并且确认没有遗漏后,进行下一株的测定。

1.2.7 树木生长情况综合评价方法。树木如同人类,是一个内部各因素间相互配合、相互影响的系统,系统内设置整体状况指标才可以有效地避免由于个体自身的不同对系统整体的影响^[10]。而整体状况即包含长势(C1)与倾斜(C2)2 个指标。树冠即乔木树干最低 1 个分枝以上连同集生枝叶的部分,包括了枝和叶 2 个部分。树冠的指标是评价树木健康的外观指标中使用最广泛的^[11]。选择对树木健康生长影响较大的几种现象为指标,具体包含:腐枝(C3)、顶梢枯死(C4)、叶斑或变色(C5)、枝叶病害(C6)、枝叶虫害(C7)、寄生(C8)、腐朽度(C9)、洞穴数量(C10)、损伤度(C11)、树干病虫害(C12)、根部损伤(C13)及根部通气透水性(C14),综合 2 个方面便组成了评价树木健康的 14 个指标,按照绿化树木健康评价模型的 14 个指标进行 1~5 等级的量化打分^[12]。

绿化树木健康程度 A 值的计算公式如下:

$$A = C1 \times 0.201 + C2 \times 0.025 + C3 \times 0.040 + C4 \times 0.140 + C5 \times 0.039 + C6 \times 0.095 + C7 \times 0.062 + C8 \times 0.017 + C9 \times 0.143 + C10 \times 0.095 + C11 \times 0.039 + C12 \times 0.062 + C13 \times 0.025 + C14 \times 0.017 \quad (1)$$

式中,C1、C2……C14 是评价指标,数字是相应指标的权重值。

绿化树木健康程度 A 值范围为 1~5,具体划分如下:1≤A<2 为生长很差,存在严重问题;2≤A<3 为生长差,存在较严重的问题;3≤A<4 为生长一般,存在一定的问题;4≤A<5 为基本健康,仅存在轻微的问题;A=5 为健康,不存在问题。

1.3 数据分析与处理 研究数据处理采用 Excel 对树木的生长情况和生长指标进行相关运算,并使用 SPSS 26.0 进行 t 检验(t-test)、单因素方差分析(one-way ANOVA)及处理间 Duncan 比较,显著性水平为 0.05。

2 结果与分析

2.1 不同灌溉方式对树木生长情况的影响

2.1.1 不同灌溉方式对树木高度的影响。分析不同灌溉方式下不同树种的树木高度发现(图 1),对比国槐树高,漫灌对照组的略高于滴灌和粘土宝根灌 2 种处理下的树木高度;在白蜡中,滴灌处理下白蜡的树高略低于漫灌对照;海棠的树高在 2 种灌溉处理下基本相同。滴灌处理国槐和白蜡的高度与对照相比分别降低了 11.9% 和 2.8%,海棠增加了 1.3%。此外,在施用粘土宝处理条件下,国槐的树木高度与对照相比降低了 10.8%。在不同灌溉方式下 3 种树木高度的降低并不显著(P>0.05),说明不同的灌溉处理对树高的影响效果并不显著。

2.1.2 不同灌溉方式对树木直径的影响。通过分析不同灌溉方式下不同树种的树木直径发现(图 2),不同灌溉处理下的国槐、白蜡的树木直径范围在 1~2 cm。滴灌和粘土宝根灌处理下的国槐直径略高于漫灌对照处理,这说明滴灌和粘土宝根灌有增加国槐直径的趋势,但并不明显;滴灌对白蜡

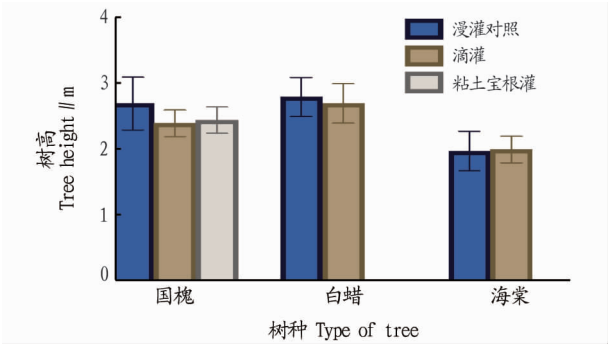


图 1 不同灌溉方式下树木高度

Fig. 1 Height of trees under different irrigation methods

和海棠有使其直径增加的趋势。在白蜡中,滴灌处理下的直径比漫灌对照增加了 5.8%;在海棠中,滴灌处理下的直径与漫灌对照相比增加了 17.2%。但在不同灌溉方式下 3 种树木直径的增加并不具有显著性差异($P>0.05$)。

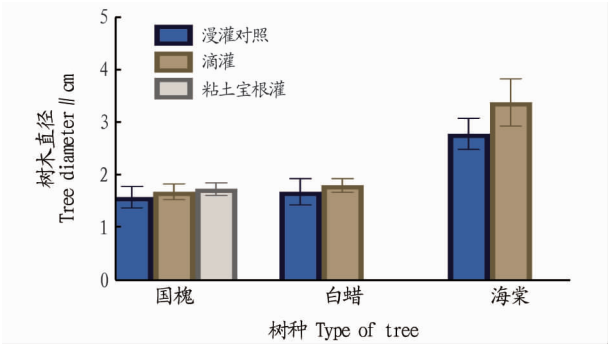


图 2 不同灌溉方式下树木直径

Fig. 2 Calibre of trees under different irrigation methods

2.1.3 不同灌溉方式对树木胸径的影响。分析不同灌溉方式下不同树种的树木胸径发现(图 3),3 种灌溉处理下国槐的胸径范围 5.0~5.5 cm。与传统漫灌对照组相比,滴灌与粘土宝根灌 2 种处理下胸径均增加了 7.8%;在白蜡中,滴灌处理下的胸径高于传统漫灌处理;在海棠中,滴灌处理下的胸径与漫灌对照组相比增加了 33.3%。结果表明,滴灌和粘土宝根灌有增加国槐胸径的趋势,滴灌有增加白蜡和海棠胸径的趋势,且在海棠中表现更为明显。但是与漫灌对照处理相比,滴灌和粘土宝根灌处理下不同树种树木胸径的增加不具有显著性差异($P>0.05$)。

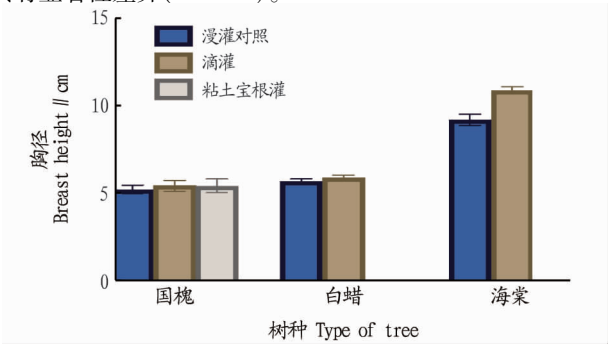


图 3 不同灌溉方式下树木胸径

Fig. 3 Diameter at breast height of trees under different irrigation methods

2.2 不同灌溉方式对树木健康评价指标的影响

2.2.1 不同灌溉方式对树木树势的影响。分析不同灌溉方式下不同树种的树木树势发现(图 4),不同灌溉方式下 3 种树木的树势均为 4~5。具体来看:在国槐中,滴灌和粘土宝根灌处理有增加树势的趋势,且滴灌的增加趋势大于粘土宝根灌;在白蜡中,滴灌处理方式下的树势与漫灌对照组相比略有下降,但 2 种灌溉方式下的白蜡均长势良好;在海棠中,滴灌处理方式下的树势与对照组相比增加了 9.1%,说明滴灌处理下海棠的生长状况优于漫灌。总体来说,滴灌和粘土宝根灌处理下国槐、粘土宝根灌处理下海棠的树势相较于漫灌对照处理均有所增加;而白蜡在滴灌处理下的树势相较于漫灌对照没有明显改变。

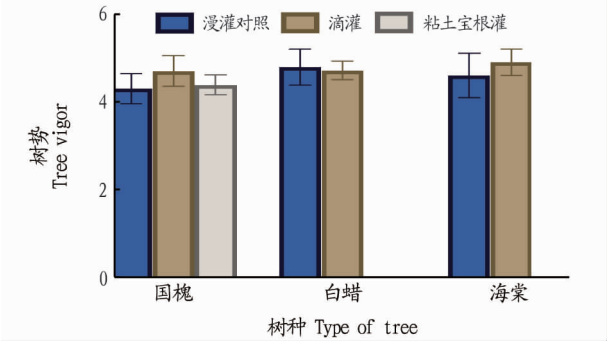


图 4 不同灌溉方式下树木树势

Fig. 4 Tree vigor under different irrigation methods

2.2.2 不同灌溉方式对树木干基腐朽的影响。分析不同灌溉方式下不同树种的树木干基腐朽情况发现(图 5),不同灌溉方式下 3 种树木的干基腐朽指数均在 4~6。在国槐中,与传统漫灌处理相比,滴灌方式下的干基腐朽评价指标减少了 2.0%,但与其他 2 种灌溉方式相比无显著差异,说明 3 种灌溉方式下国槐出现干基腐朽的现象较少;在白蜡中,传统漫灌处理下的干基腐朽指数高于滴灌处理,滴灌方式下的干基腐朽评价指标与对照组相比减少了 3.0%;在海棠中,滴灌方式下的干基腐朽评价指标与对照组相比增加了 9.1%,说明在海棠中滴灌节水方式有减少干基腐朽的趋势。但是不同灌溉方式下不同树种的树木干基腐朽指数相较于各自的漫灌对照处理均无显著差异($P>0.05$)。

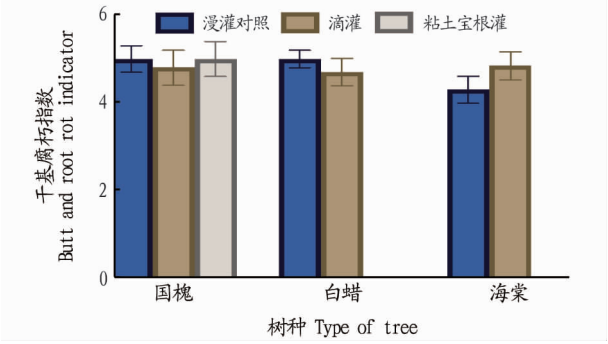


图 5 不同灌溉方式下树木干基腐朽情况

Fig. 5 Tree stem base decay under different irrigation methods

2.2.3 不同灌溉方式对树木树干洞穴的影响。分析不同灌溉方式下不同树种树木树干的洞穴发现(图 6),不同灌溉方

式下 3 种树木的树干洞穴指数均为 4~6。在国槐中,传统漫灌处理下出现了树干洞穴,生长情况劣于滴灌和粘土宝根灌;与对照组相比,滴灌处理下的树干洞穴指数增加了 4.5%,粘土宝根灌处理下的树干洞穴指数增加了 9.1%,说明这 2 种节水方式能减少国槐树干洞穴的发生,生长状况较好。滴灌处理相较于漫灌对照处理降低了白蜡的树干洞穴指数;在海棠中,滴灌处理下的树干洞穴指数为 5,相比对照增加了 8.7%。但是不同灌溉方式下不同树种的树干洞穴指数相较于各自的漫灌对照处理均无显著差异($P>0.05$)。

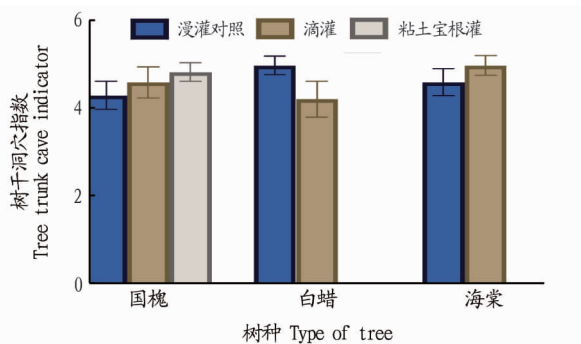


图 6 不同灌溉方式下树木树干洞穴情况

Fig. 6 Trunk cavities of trees under different irrigation methods

2.3 不同灌溉方式对树木健康程度评价 通过对树木健康相关的 14 个指标进行综合分析,量化了不同灌溉方式下树木的健康程度(图 7)。结果表明:不同灌溉方式下国槐的 A 值均为 4~5,说明植株基本健康,仅存在轻微的问题。相比对照,滴灌处理高 2.1%。在白蜡中,对照和滴灌处理下健康程度较好,生长状态基本健康;与传统漫灌相比,滴灌 A 值比对照约低 1.62%。在海棠中,滴灌和漫灌节水方式下植株均能正常生长,基本处于健康状态。但不同灌溉方式下不同树种的植物健康程度 A 值相较于各自的漫灌对照处理均无显著差异($P>0.05$)。

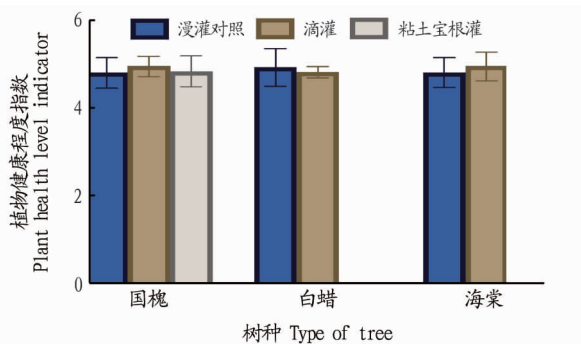


图 7 不同灌溉方式下树木健康情况

Fig. 7 Tree health of trees under different irrigation methods

3 讨论与结论

天津市作为我国北方淡水资源相对匮乏的代表城市,节水灌溉技术的普及和应用将极大程度缓解水资源的大量需求同林业绿色发展间的矛盾,并将会推动天津市园林绿化业的发展。树木生长情况和其健康程度为评价和衡量节水灌溉技术是否可行的关键指标之一^[13]。树木的高度、直径和胸径均是树木生长情况的重要评价指标。一般认为树木

的高度、直径和胸径越大,则树木的生长情况越好^[14]。在笔者的研究中滴灌、粘土宝根灌处理下树木的高度、直径和胸径相较于传统的漫灌对照处理并没有显著差异。这表明滴灌和粘土宝根灌这 2 种节水型灌溉处理不会对国槐、白蜡及海棠的生长情况造成不利影响。这可能与节水型灌溉处理提高了土壤中的含水量从而直接增加植物的水分利用率有直接的关系^[15]。

除树木生长情况外,树木的健康情况也是评价节水型灌溉技术是否可以替代传统漫灌管理方式的重要衡量标准之一^[16]。在该研究中,分别采用了树木的树势、树木的干基腐朽情况及树木的树干洞穴情况进行了分析。树势是通过树冠的密度、叶片的颜色和大小及新生枝条长度等多特征的树木健康评价指标,可以表征树木生长的活力和健康程度^[17]。树木的干基腐朽情况则是影响树木健康的重要不利因素,其产生可能由病虫害、环境压力及疾病等多种因素导致^[18]。树干洞穴则是指树木躯干上的洞穴,其常常是野生动物及害虫的藏身之处,所以其多少直接会影响树木生长的结构稳定性^[19]。笔者的研究结果发现,滴灌和粘土宝根灌处理下树木的树势、干基腐朽情况及树木的树干洞穴情况相较于漫灌对照处理均不具有显著差异,这表明滴灌和粘土宝根灌这 2 种节水型灌溉管理方式不会对树木的健康情况造成不利的影响。此外通过 14 项树木健康指标综合而成的植物健康程度 A 值的分析,得出了与之一致的结论。并且就国槐和海棠树而言,滴灌和粘土宝根灌处理增加了植物健康程度 A 值。

该项研究从植物生长情况和健康程度的角度说明了在天津地区滴灌和粘土宝根灌 2 种节水型灌溉管理技术相较于传统的漫灌管理对国槐、白蜡及海棠树木的生长和健康情况有利,表明其可以在减少灌溉所需水资源数量的同时保证树木的正常的生长和健康情况。

参考文献

- [1] 曹连洋,高秀莲,吴伟,等.北方城市化发展过程中发展节水型园林绿地的思考[J].防护林科技,2005(S1):101-103.
- [2] 黄乾,彭世彰.北方地区节水灌溉现状综述[J].水资源保护,2005,21(2):12-15.
- [3] 田川.天津水资源短缺的原因及建议[J].现代农业科技,2016(10):159-160.
- [4] 王金丽,郑兴灿,张秀华,等.天津生态城水系统构建与海绵建设技术研究及实践[J].环境工程,2022,40(9):215-223,53.
- [5] 康绍忠.新的农业科技革命与 21 世纪我国节水农业的发展[J].干旱地区农业研究,1998,16(1):11-17.
- [6] 罗嘉欢.园林绿化节水滴灌系统设计[J].广东园林,2010,32(3):51-53.
- [7] 李鹏,曹华,詹伟,等.滴灌节水技术应用机理及热点研究进展[J].节水灌溉,2024(2):62-68,75.
- [8] 绿队.天津滨海新区盐碱地生态绿化理论与实践[J].绿色中国,2022(2):60-65.
- [9] 魏剑,李春光,赵立伟,等.天津滨海新区绿化工程适用乔木种类及发展趋势初探[J].天津农业科学,2016,22(5):90-92.
- [10] DOBBERTIN M. Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: A review[J]. European journal of forest research, 2005, 124(4): 319-333.
- [11] NÆSSET E, ØKLAND T. Estimating tree height and tree crown properties using airborne scanning laser in a boreal nature reserve[J]. Remote sensing of environment, 2002, 79(1): 105-115.
- [12] 刘平,马履一,贾黎明,等.油松、侧柏树冠复合指标模型的建立及其对林分健康性的评价[J].东北林业大学学报,2009,37(3):32-35.

(下转第 127 页)

质重最大,烟叶中物质积累充分,且叶干重>茎干重>根干重。所以,T8处理(氮118.8 kg/hm²、磷83.7 kg/hm²、钾199.5 kg/hm²)有利于烟株的生长发育及干物质积累。

协调的氮、磷、钾比例既可提高烟叶产量和质量,又能提高烟叶的内在品质;反之,氮、磷、钾比例失调不但影响烟叶产量,而且影响烟叶的内在品质,使烟叶的质量下降^[23]。该研究中,随着施氮量的增加,烤后烟总氮和烟碱含量表现为先增加后减少,且随着施钾量的增加,烤后烟中的钾离子含量也呈先增加后减少的趋势,这与方加贵等^[24]的研究结果不一致,推测可能是当地烟株对肥料的利用效率不高导致。该试验中,T6处理(施氮量108 kg/hm²、施磷量83.7 kg/hm²、施钾量219.45 kg/hm²)烤后烟评分较高,化学成分较为协调。烤后烟的香气物质总量与施氮量呈正相关关系,这与邱勇等^[25]的研究结果一致。T8处理(氮118.8 kg/hm²、磷83.7 kg/hm²、钾199.5 kg/hm²)的上部叶和中部叶的香气物质总量最高。因此,就烤后烟品质而言以氮118.8 kg/hm²、磷83.7 kg/hm²、钾199.5 kg/hm²较好。

不同氮磷钾配比对经济性状有明显影响。宋春风^[26]研究表明,合理的氮磷钾配比可以提高产量,施肥过多、过少,容易造成植株对元素的缺乏,产量严重下降。魏明吉^[27]研究表明,适宜的氮、磷、钾配比可以提高萝卜产量,提高肥料效率。滕云等^[28]采用氮磷钾的不同组合,对氮磷钾施用量配比与东北半干旱区大豆产量间的关系进行了研究,并提出了适宜的氮磷钾配比。该试验结果表明,产量、产值和上等烟比例随着施氮量的增加先减小后增加,这与吕鹏辉等^[29]的研究结果一致。在该试验中,T9处理(氮118.8 kg/hm²、磷93 kg/hm²、钾219.45 kg/hm²)的产量产值最高。

4 结论

当施氮量为118.8 kg/hm²时烟株干物质积累量最大,烤后烟(B3F和C2F等级)的香气物质总量最大,产量产值和上等烟比例最高;当施磷量为93 kg/hm²时,C3F等级烟叶的化学成分评分最高,B2F等级烟叶香气物质总量最大,产量产值最高;当施钾量为199.5 kg/hm²时,C3F等级烤后烟烟叶的化学成分评分和香气物质总量较高,B2F等级烟叶香气物质总量最大,产量产值较高,上等烟比例最大。因此,在商洛植烟区,当施氮量为118.8 kg/hm²、施磷量为93 kg/hm²、施钾量为199.5 kg/hm²时,云烟99烟株的农艺性状、烤后烟品质及产质量较优。

参考文献

[1] 刘国顺.烟草栽培学[M].北京:中国农业出版社,2003.

(上接第110页)

[13] 高凡,郑然,郭家选,等.不同灌溉模式下草莓对水分胁迫的生理响应研究[J].灌溉排水学报,2021,40(1):1-6.
[14] 章伶俐,刘义,李景文,等.北京地区蒙古栎林生态系统健康评价指标体系研究[J].林业资源管理,2009(1):54-59.
[15] BEN-GAL A,AGAM N,ALCHANATIS V,et al. Evaluating water stress in irrigated olives:Correlation of soil water status,tree water status,and thermal imagery[J].Irrigation science,2009,27(5):367-376.

[2] 赵军,窦玉青,宋付朋,等.有机和无机烟草专用肥配合施用对烟草生产效益和肥料氮素利用率的影响[J].植物营养与肥科学报,2014,20(3):613-619.
[3] 施文,杨林,张广富,等.氮条件下不同氮磷钾比例对烟叶产量与质量的影响[J].现代农业科技,2018(9):15-17.
[4] 李莎,高明,李常军,等.氮磷钾配施对土壤氮素累积及烤烟产量品质的影响[J].西南师范大学学报(自然科学版),2007,32(6):104-108.
[5] 周兴华,李顺鹏,黄正才.烤烟对施氮量和氮磷钾比例的效应[J].广西农业科学,1997,28(4):172-174.
[6] 陈义强,刘国顺,习红昂.烟草栽培中氮、磷、钾肥及水分因子与产值的经验模型[J].中国农业科学,2008,41(2):480-487.
[7] 彭华伟,刘国顺,吴学巧,等.生物有机肥对烤烟氮磷钾积累、吸收和含量的影响[J].中国烟草科学,2008,29(1):25-29.
[8] 中国农业科学院烟草研究所.中国烟草栽培[M].上海:上海科学技术出版社,1963.
[9] 李莎.氮磷钾比对烤烟生长发育及产质量的影响[D].重庆:西南大学,2008.
[10] 张军方.氮钾比例和配施有机肥对土壤特性和香料烟品质的影响[D].郑州:河南农业大学,2010.
[11] 中国烟草总公司青州烟草研究所.烟草农艺性状调查测量方法:YC/T 142—2010[S].北京:中国标准出版社,2010.
[12] 国家烟草质量监督检测中心.烟草及烟草制品 水溶性糖的测定 连续流动法:YC/T 159—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
[13] 国家烟草质量监督检测中心.烟草及烟草制品 总植物碱的测定 连续流动法:YC/T 160—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
[14] 国家烟草质量监督检测中心.烟草及烟草制品 总氮的测定 连续流动法:YC/T 161—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
[15] 国家烟草质量监督检测中心.烟草及烟草制品 氯的测定 连续流动法:YC/T 162—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
[16] 国家烟草质量监督检测中心.烟草及烟草制品 钾的测定 连续流动法:YC/T 217—2002[S].北京:中国标准出版社,2002.
[17] 王彦平,谢剑平,李志宏.中国烟草种植区划[M].北京:科学出版社,2010.
[18] 詹军,李伟,王涛,等.密集烘烤定色期升温速度对上部烟叶吸食品质的影响[J].江西农业大学学报,2011,33(5):866-872.
[19] 国家技术监督局.烤烟:GB 2635—92[S].北京:中国标准出版社,1992.
[20] 吴中华,于宝富,周马康,等.高沙土地区春玉米磷钾肥配比施用对产量及群体质量的影响[J].上海农业科技,2004(2):61,50.
[21] 冯国胜.不同施钾量对烤烟植物学性状和干物质积累的影响[J].江西农业学报,2013,25(4):91-93.
[22] 谢云波,冯文强,曾祥忠,等.烤烟的养分需求规律及施肥技术研究进展[J].安徽农业科学,2010,38(21):11115-11119.
[23] 周兴华,李顺鹏,黄正才,等.烤烟对施氮量和氮磷钾比例的效应[J].广西农业科学,1997(4):172-174.
[24] 方加贵,刘春奎.土壤因素对烟叶品质的影响[J].农技服务,2010,27(7):886-887.
[25] 邱勇,李均,徐光泽,等.株距和施氮量对烤烟生长发育的影响[J].安徽农业科学,2021,49(17):49-51,68.
[26] 宋春风.氮磷钾对萝卜生长发育及生理特性的影响[D].泰安:山东农业大学,2004.
[27] 魏明吉.氮磷钾对萝卜生长发育、产量及品质的影响[D].武汉:华中农业大学,2004.
[28] 滕云,张忠学,魏永霞,等.不同氮磷钾配比对东北半干旱区大豆产量及土壤水分的影响[J].东北农业大学学报,2005,36(3):273-279.
[29] 吕鹏辉,李彬,朱宏强,等.不同氮磷钾施用量对龙江911生长发育和产质量的影响[J].安徽农业科学,2021,49(16):171-173,192.

[16] 郭红艳.根叶生长对核桃大树高接后树势恢复的影响及改进措施[J].西北园艺,2023(4):68-70.
[17] 高宇琪,夏梦洁,刘军,等.引种湿地松生长不良原因及树势恢复措施[J].林业科技通讯,2024(7):54-56.
[18] 袁海生,魏玉莲,周丽伟,等.东北4种林木干基腐朽病原真菌潜在分布范围预测及其生态位分析[J].生物多样性,2019,27(8):873-879.
[19] 孙鹏,李金航,刘海轩,等.黄栌根系结构与个体健康程度的关系[J].西北林学院学报,2016,31(2):20-27.