

张藤子,李亚楠,马云波,等. 辽西北风蚀区4个主要造林树种防风固沙功能差异及适宜立地分析[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):112-116.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.027

辽西北风蚀区4个主要造林树种防风固沙功能差异及适宜立地分析

张藤子¹, 李亚楠¹, 马云波², 董立军³, 张翼鹏¹, 周永斌¹

(1. 沈阳农业大学林学院, 辽宁沈阳 110866; 2. 辽宁省建平县森防站, 辽宁建平 122500;
3. 国有建平县白山林场, 辽宁建平 122500)

摘要:分析辽宁省森林资源二类清查数据,确定辽西北风蚀区各树种现存防风固沙林面积,并通过林分结构数据计算刺槐、杨树、油松和樟子松4个主要造林树种的防风固沙功能指数,比较各树种在不同质地土壤上的防风固沙功能差异。研究区内现存防风固沙林中杨树林面积最大,樟子松林次之。杨树和刺槐防风固沙功能随着林龄的增长先升高后降低,樟子松和油松的防风固沙功能随着林龄的增长持续增加。不同树种适合不同质地土壤立地:在沙土上,前期(约30年)杨树林防风固沙功能最强,之后樟子松的防风固沙功能最强;刺槐在沙壤上的防风固沙功能最强;轻壤和中壤立地上,杨树是防风固沙功能最强的树种。研究区后续造林过程应注重适地适树,并及时对杨树和刺槐林进行更新。

关键词:刺槐;杨树;油松;樟子松;林分结构;造林决策

中图分类号:S727.23 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2019)01-0112-04

辽西北风蚀区位于内蒙古科尔沁沙地南缘,是防止内蒙古科尔沁沙地向华北侵袭的重要生态屏障区,目前辽西北风蚀区人工防风固沙林面积已经超过10万 hm^2 ,发挥了重要的防风固沙功能^[1]。目前森林生态功能愈加被重视,本研究对现有防风固沙区防风固沙林现状进行探讨,对防风固沙林中不同树种防风固沙功能进行对比分析,可为辽西北地区防风固沙林的进一步建设和现有防护林的更新提供科学的理论指导。

对固定林分防风固沙功能进行评价的传统方法可测定林分内外的风速及输沙量,该方法可直接反映防风固沙效果,但需要专业仪器,且无法在大尺度范围内对差异性大的林分进行评价^[2]。评价较大尺度范围内植被防风固沙效益时,通常利用地理信息系统,根据研究区内的植被覆盖度,结合降水、土壤等环境因子分别计算植被的立地和裸地的风蚀量之差,对防风固沙效益进行评价,植被覆盖度作为计算防风固沙效益的指标与防风固沙效益呈正比^[3-6]。以植被覆盖度计算防风固沙效益,忽略了植物林型、林分结构等因素,例如,相同盖度的荆条和白刺林的固沙能力相差较大,白刺林可固沙成丘,荆条则不可以^[7],所以大尺度范围评价防风固沙的方法无法区分物种间的防风固沙能力差异^[8]。比较同一区域内不同植物的防风固沙能力时,主要通过设置固定样地测定风速和输沙量进行比较^[9-10],当研究区域较大时,样地的设置很难代表整个区域内立地条件和林分生长状况的差异。二调对森

林资源进行了详细的调查,对二调数据进行分析可以很好地反映林业资源整体状态。

植物群落的防风固沙功能主要是通过减小风速(防风功能)以及增大沙粒启动的临界风速(固沙功能)实现的,不同乔木树种作为群落建群种形成乔木林时,由于树种对立地条件的适应性差异以及树种本身的特性,树高、郁闭度以及林下植被都有较大的差异。不同林分防风固沙功能与林分结构关系的研究表明,林分结构中树高和郁闭度是影响防风功能的主要结构因子^[10],郁闭度、灌木盖度和草本盖度是决定林分防风固沙功能的主要指标^[11-14]。将不同林分的林分结构差异量化,可以很好地表现出不同树种的防风固沙林功能强弱^[10]。因此,本研究以树高、郁闭度、灌木盖度、草本盖度为评价因子,根据前人对不同结构与防风固沙功能大小的相关关系进行分析,对因子进行分级,计算防风固沙大小的指数,对防风固沙功能进行评价。

土壤质地是判断立地质量的重要因子,是在造林中判断立地质量的重要的直观指标^[15-16],在地形以波岗状平原或低洼的冲积平原为主、地势开阔平坦的辽西北风蚀区^[17],分析树种在不同立地上的防风固沙表现,对造林决策具有很好的指导作用。辽宁省森林资源二类清查调查了全省有林地的土壤质地、平均树高、郁闭度、灌木盖度和草本盖度等林分结构信息和立地信息,本研究对结构因子进行量化,以防风固沙功能指数这一数量化的指标反映防风固沙功能,分析辽西北风蚀区防风固沙林建设现状,并比较不同树种在不同质地土壤的立地上防风固沙功能随林龄变化过程,为后续造林决策提供科学的指导和建议。

1 研究地概况

研究区地处辽宁省西北部,包括康平县、新民市、法库县、

收稿日期:2017-10-17

基金项目:国家科技支撑计划(编号:2015BAD07B050502)。

作者简介:张藤子(1993—),女,辽宁朝阳人,硕士研究生,主要从事森林培育研究。E-mail:sauztz@163.com。

通信作者:周永斌,女,教授,主要从事森林生态学教学和科研工作。

E-mail:yyzyb@163.com。

昌图县、阜新蒙古族自治县、彰武县共6个县(市)(121°01′~124°26′E、40°8′~43°29′N)。该区域为辽宁省三北防护林工程建设的重点区域,属于暖温带半湿润、半干旱大陆性季风气候区,年均气温6.4~8.5℃,年平均降水量为174.3~737.7mm。该地区风力较大,沙物质丰富,人类活动频繁,土壤风蚀严重,在各种风蚀及各种活动作用下,造就了该地的风沙环境。

2 研究方法

2.1 数据来源

本研究所用数据来自2012年辽宁省森林资源二类清查数据,对不同林分的林龄、树高、郁闭度、灌木盖度以及草本盖度等林分结构因子数据以及土壤质地数据进行分析。

表1 防风固沙功能评价因子权重及相应分级标准

评价因子	权重	各等级下评价因子标准				
		1级	2级	3级	4级	5级
树高(m)	0.4	≤2.9	3.0~5.9	6.0~8.9	9.0~11.9	≥12.0
郁闭度	0.2	0~0.19	0.20~0.39	0.40~0.59	0.60~0.79	0.80~1.0
灌木盖度(%)	0.2	0~19	20~39	40~59	60~79	80~100
草本盖度(%)	0.2	0~19	20~39	40~59	60~79	80~100

计算整个研究区或不同质地土壤立地上各树种防风固沙能力时,对相应区域内的相同树种同一林龄的各林分防风固沙功能指数求平均值,代表该树种在该林龄的防风固沙功能强弱。由于樟子松在辽西北种植历史约为50年,为了便于比较,分析数据时4个树种(刺槐、杨树、油松、樟子松)都选择1~50年的林龄进行分析。

3 结果与分析

3.1 不同质地土壤立地上树种面积分布

研究区内现存防风固沙林面积超过12万hm²,树种面积

2.2 数据处理

防风固沙林由多因子组成,它们互相作用、互相促进,都起着不可替代的作用。通过对防风固沙的各项组成因子的定量化分析,定性评价防风固沙林的强弱。利用辽宁省森林资源二类清查数据中不同林分的树高、郁闭度、灌木盖度以及草本盖度数据计算研究区内林分的防风固沙功能指数。本研究以小区为单位进行防风固沙指数计算,先按等级对各项因子打分,再按计算公式进行计算:

$$K = \sum W_i X_i \quad (1)$$

式中:K为防风固沙功能指数;X_i为第i项结构因子的等级(表1);W_i为第i项结构因子对应的权重(表1)。防风固沙功能指数K是一个1~5的定量数值,数值越大,代表该林分的防风固沙能力越好。

排序为杨树>樟子松>油松>各类灌丛>刺槐,其中各类灌丛面积总和仅占全部防风固沙林面积的2.1%,同时灌木树种较多,且灌木林结构与乔木林差异较大(表2),因此本研究未将灌木纳入到数据分析中。

不同土壤质地立地上,杨树、油松和刺槐都是在沙壤质地立地上分布面积最大,而樟子松在沙土上的分布面积最大。重壤和黏土立地在研究区内分布较少,且除杨树在不同质地土壤立地上都有分布外,另3个树种在这2个质地土壤上的分布面积很小或没有分布(表2),因此本研究不分析树种在重壤和黏土质地立地上的数据。

表2 各树种在不同土壤质地立地上的面积分布

土壤类型	面积(hm ²)					总面积(hm ²)	比例(%)
	杨树	油松	樟子松	刺槐	灌丛		
沙土	33 200.4	1 086.2	11 546.0	25.1	1 799.1	47 656.8	37.3
沙壤	54 181.8	4 330.2	3 443.9	629.4	778.1	63 363.4	49.6
轻壤	10 061.1	403.2	109.0	71.3	61.0	10 705.6	8.4
中壤	3 758.5	190.1	32.1	451.8	48.6	4 481.1	3.5
重壤	478.3	0.0	0.0	20.2	0.0	498.5	0.4
黏土	1 035.1	2.3	0.0	0.0	38.3	1 075.7	0.8
总面积	102 715.2	6 012.0	15 131.0	1 197.8	2 725.1	127 781.1	100.0
比例(%)	80.4	4.7	11.8	0.9	2.1	100.0	

3.2 不同树种防风固沙功能随林龄变化过程

4个树种防风固沙功能随着林龄的变化过程具有各自的特点(图1),刺槐和杨树防风固沙功能呈先升高后降低的趋势,防风固沙功能在林龄30年左右就达到最高峰,其中杨树更早达到最大。油松和樟子松在50年内防风固沙功能一直保持稳步增加的趋势,未出现明显的下降趋势。对树种间进行比较,发现杨树在初期的防风固沙功能是最高的,而防风固沙功能开始下降的时间也更早。樟子松在初期生态功能最低,在35年左右超过杨树和刺槐,成为防风固沙功能最高的

树种。

3.3 各树种防风固沙功能在不同土壤上随林龄变化的差异

刺槐仅在沙壤和中壤质地土壤上有较多林龄的林分分布,在2种质地土壤上防风固沙功能随林龄变化趋势接近,在中壤上防风固沙功能略高(图2)。杨树在4种质地土壤上防风固沙功能随林龄变化趋势接近,初期在中壤上的杨树林分防风固沙略高于另3种质地土壤。油松和樟子松主要分布在沙土和沙壤质地土壤上,生长前期(约20年)油松的防风固沙功能在沙壤上更强,不过后期沙土上的油松防风固沙功能

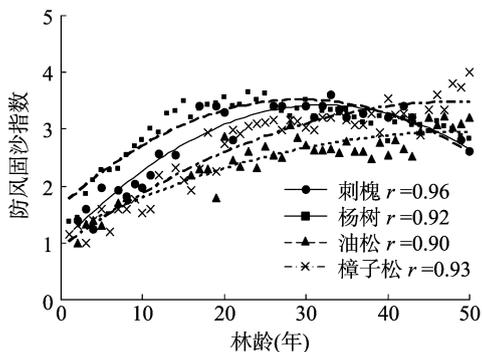


图1 各树种防风固沙功能指数随林龄变化过程

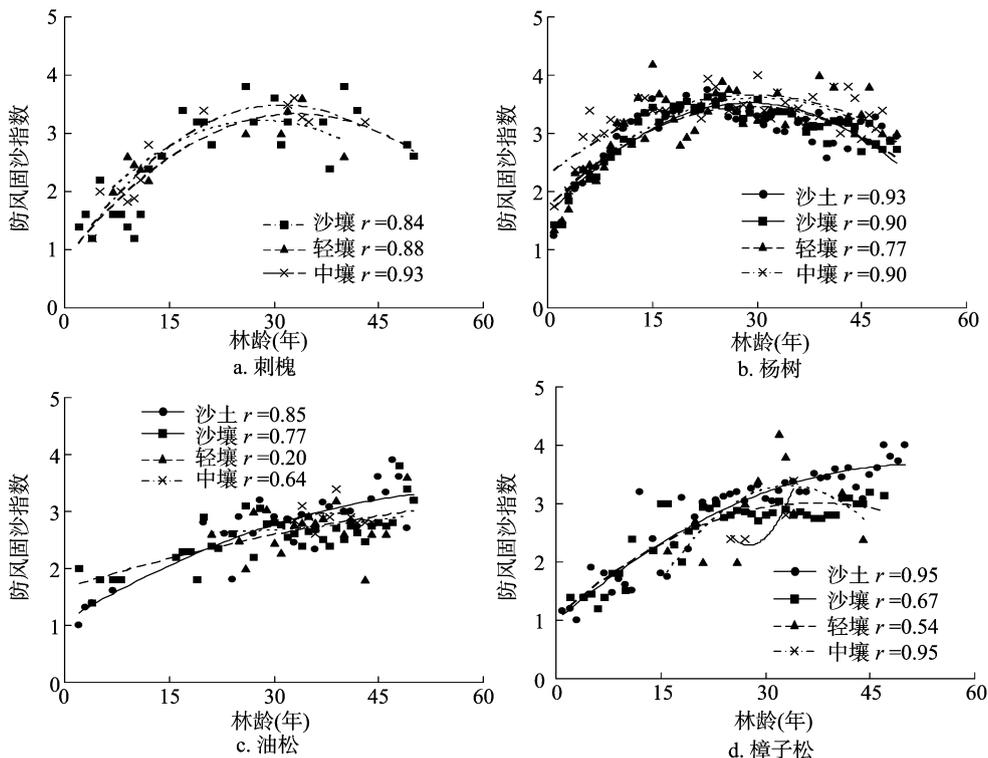


图2 不同树种防风固沙功能指数在不同质地土壤上随林龄变化过程

固沙功能要高于樟子松和油松,但在35年左右被樟子松超过,在40年左右被油松超过;樟子松的防风固沙功能一直在油松之上。在沙壤上,刺槐与杨树防风固沙功能接近,同样在前期高于樟子松和油松,直到40年左右生态功能防风固沙功能才被樟子松和油松超过,樟子松和油松防风固沙功能接近。在轻壤和中壤上,杨树的防风固沙功能都一直显著高于其他树种。

4 讨论

在造林过程中土壤质地是判断立地质量的直观指标,不同质地土壤的机械阻力、颗粒组成和总空隙度等理化性质差别很大,这些因素通过影响水、气、热和营养在土壤中的移动和含量而影响植物的生长发育^[18-19],进而影响其上生长林分的防风固沙功能。本研究区地势开阔、平坦,以波岗状平原或低洼的冲积平原为主^[17],土壤质地的差异能够代表立地质量的差异。

研究区内现存林分全部为人工林,早期造林过程缺乏科

更;樟子松林分生长初期在沙土和沙壤上无差别,而在沙土上生长的樟子松林防风固沙功能提高得更快;在轻壤和中壤质地土壤上油松和樟子松只有部分林龄的林分分布,说明近年在这2种质地土壤上造林过程中未选择油松和樟子松,由于缺少油松和樟子松幼龄林的存在,因此无法得出防风固沙功能随林龄变化的规律。

3.4 不同质地土壤上各树种防风固沙功能优劣

如图3可见,研究区内沙土上没有1~50年林龄的刺槐林,油松和樟子松在轻壤和中壤质地立地上也只有少数林龄林分分布。在不同质地土壤上,各树种防风固沙大小和随林龄变化过程也表现出很大差异:在沙土上,杨树在初期防风

学的指导,人为选择造林树种是决定不同树种现存面积大小的原因。早期造林时追求造林快速见效,杨树生长快、成材早、木材用途广等特点^[20],全区整体的防风固沙功能评价结果也反映了杨树在造林后的20年,其防风固沙功能相对于另3个树种表现出极大的优势,使得杨树在各种质地土壤上都是种植面积最大的树种,比例达到80.4%。水分条件好、造林成活率高的立地通常也被种植杨树^[20-21],杨树的防风固沙功能在造林后提高速度快,也和立地条件比其他树种更好有一定关系。虽然刺槐防风固沙功能与杨树接近,甚至在沙壤上略强于杨树,且改土能力更强^[22-23],但是刺槐种植面积远小于杨树,在后续造林过程中可以考虑增加刺槐的种植。

结合4个树种在不同质地土壤上防风固沙功能的大小及增长规律,沙土立地上树种种植不够合理。沙土的保水保肥能力以及养分含量是4种质地土壤中最差的^[24],而沙土质地上现存树种中杨树是面积最大的树种,其次是樟子松。由于沙土养分、水分的亏缺,杨树极易出现衰老退化^[25-26]。在沙土上樟子松的防风固沙功能初期低于杨树,不过增长速度很

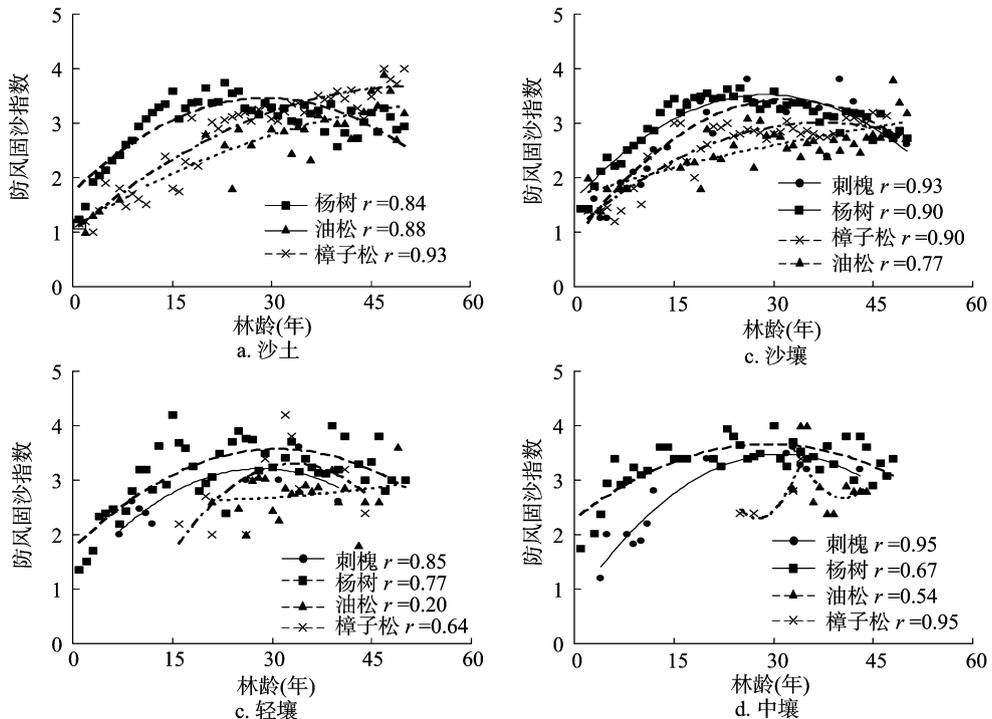


图3 不同质地土壤上各树种林龄与防风固沙功能差异

快,在林龄30~40年时会超过杨树,并且在林龄50年内没有下降的趋势。营造樟子松杨树混交林是沙土上营建防风固沙林的有效途径之一,营林后利用杨树生长快速的优势提高防风固沙功能,杨树老化后将其伐除,樟子松可继续发挥生态功能。

杨树和刺槐在不同质地土壤上的防风固沙功能随林龄的增长差异不大,而樟子松和油松在条件最差的沙土上防风固沙功能增长是最快的。土壤条件更好的立地往往是处于受人类干扰更强的区域,而杨树和刺槐由于生长快、更新能力强^[27-28],抗干扰能力强于樟子松和油松,故樟子松和油松在水分、养分条件更好的质地土壤立地上的生态功能差于沙土上。

5 结论及建议

杨树在各种质地土壤上的种植面积都是最大的,沙土上杨树的种植面积过大,应增加樟子松的造林面积或营造混交林,以增加防护林的稳定性,增大防护林更新时间间隔。沙壤土上刺槐的防风固沙功能好于杨树,应增加刺槐的造林面积。轻壤土和中壤土上杨树是相对最好的防风固沙树种,人类活动干扰强烈的立地,推荐种植杨树和刺槐。

参考文献:

[1]王玲. 辽宁省“三北”防护林体系建设特点及效益评价[J]. 辽宁林业科技, 2011(5): 32-34.

[2]刘芳,郝玉光,娜仁托娅,等. 人工绿洲近缘植被对风沙活动降低作用的研究[J]. 林业资源管理, 2009(4): 79-84.

[3]Lin C Y, Lin W T, Chou W C. Soil erosion prediction and sediment yield estimation; the Taiwan experience[J]. Soil & Tillage Research, 2002, 68(2): 143-152.

[4]Gong G L, Liu J Y, Shao Q Q, et al. Sand-fixing function under the change of vegetation coverage in a wind erosion area in Northern China [J]. Journal of Resources and Ecology, 2014, 5(2): 105-114.

[5]巩国丽,刘纪远,邵全琴. 草地覆盖度变化对生态系统防风固沙服务的影响分析——以内蒙古典型草原区为例[J]. 地球信息科学学报, 2014, 16(3): 426-434.

[6]海春兴,刘宝元,赵焯. 土壤湿度和植被盖度对土壤风蚀的影响[J]. 应用生态学报, 2002, 13(8): 1057-1058.

[7]李昌龙,李茂哉,汪杰,等. 绿洲边缘白刺林退化植被恢复与重建技术研究[J]. 干旱区资源与环境, 2005, 19(1): 167-171.

[8]韩永伟,拓学森,高吉喜,等. 黑河下游重要生态功能区防风固沙功能辐射效益[J]. 生态学报, 2010, 30(19): 5185-5193.

[9]李霞,程皓,刘刚. 塔里木河下游怪柳防风固沙功能野外观测研究[J]. 新疆农业大学学报, 2008, 31(5): 7-10.

[10]廖空太,严子柱,满多清,等. 黑河流域防风固沙林生态效益研究——以甘肃省高台县为例[J]. 中国生态农业学报, 2007, 15(6): 26-29.

[11]符亚儒,高保山,封斌,等. 陕北榆林风沙区防风固沙林体系结构配置与效益研究[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 18-23.

[12]莫宏伟,任志远,王欣. 植被生态系统防风固沙功能价值动态变化研究——以榆阳区为例[J]. 干旱区研究, 2006, 23(1): 56-59.

[13]常兆丰,李易珺,张剑挥,等. 民勤荒漠区4种植物的防风固沙功能对比分析[J]. 草业科学, 2012, 29(3): 358-363.

[14]马增旺,范少辉,官凤英,等. 冀北零星沙地杨树人工固沙林输沙率的研究[J]. 河北农业大学学报, 2013, 36(5): 65-70, 107.

[15]温佐吾. 马尾松造林地整地规格与母岩和土壤质地的关系[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(2): 126-131.

[16]熊淑萍,张娟娟,杨阳,等. 不同冬小麦品种在3种质地土壤中氮代谢特征及利用效率分析[J]. 植物生态学报, 2013, 37(7): 601-610.

毕研飞,魏斌,唐政辉,等. 光照度与钾营养互作对水培白菜生长与品质的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(1):116-119.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.01.028

光照度与钾营养互作对水培白菜生长与品质的影响

毕研飞¹, 魏斌¹, 唐政辉¹, 徐海², 钱春桃^{1,3}

(1. 江苏常熟国家农业科技园区管理委员会, 江苏常熟 215500; 2. 江苏省农业科学院蔬菜研究所, 江苏南京 210014;
3. 南京农业大学园艺学院, 江苏南京 210095)

摘要:为研究光照度与钾营养浓度互作对水培白菜植株生长与品质的影响,以白菜品种苏州青为材料,采用营养液水培的方法,设置3个不同光照度[100、150、200 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$]及4个不同钾营养浓度(1、2、3、4 mmol/L)的互作处理,测定双因素互作对白菜植株地上部鲜质量、叶片光合速率、可溶性糖含量、可溶性蛋白质含量、维生素C含量、硝酸盐含量及硝酸还原酶活性的影响。结果表明,随着光照度和钾浓度的增加,植株地上部鲜质量、叶片光合速率、可溶性糖、可溶性蛋白、硝酸盐含量及硝酸还原酶活性均呈现先增大后减小的趋势,维生素C含量不断增大。当光照度为150 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 和钾营养浓度为3 mmol/L时,植株生长与品质指标表现最好。本研究可为叶菜工厂化水培生产中光照和营养液的科学管理提供理论依据。

关键词:白菜;水培;光照度;钾浓度;产量;品质

中图分类号: S634.304 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)01-0116-04

白菜(*Brassica campestris* ssp. *chinensis* L.)属十字花科芸薹属,是我国重要的绿叶蔬菜,深受消费者喜爱。营养液水培由于能够最大限度地满足作物根系对水、肥、气等条件的要求,且不受地域土壤环境影响,已发展成为叶菜生产的一种重要途径^[1-2]。在叶菜水培生产中,适当提高氮营养浓度可提高叶菜产量^[3]。然而,近年来为了提高蔬菜产量,氮肥的施用量越来越高,造成叶菜硝酸盐含量显著上升,安全品质堪忧^[4-5]。如何降低硝酸盐含量、提高叶菜类蔬菜品质成为目前研究的热点之一。

近年来科研工作者就如何通过农艺管理、基因型筛选、遗

传育种和采后贮存等手段降低蔬菜硝酸盐含量开展了大量的研究工作。其中,农艺管理方面的研究主要涉及光照、温度、水分、营养浓度和微量元素等诸多因素^[6-8]。研究表明,适当增加光照度(光量子通量密度,PPFD)与营养浓度、合理灌溉、增施微量元素(如铜、钴、锰、铁和硫)等措施有利于提高蔬菜产量及降低硝酸盐累积。但已有的研究主要是单因素分析,单因素试验需要人为将试验因素外的其他因素调节到同一水平,而实际生产中某一因素的改变往往会引起其他因素的变化^[9-10],如作物在弱光条件下对钾元素的吸收会明显减少,且钾素利用率与光照密切相关^[11-12]。另外,关于水培条件下光照度与钾营养互作对白菜生长与品质的影响尚未见报道,因此有必要进行多因素的互作研究。

本研究通过水培试验,分析不同光照度与钾营养互作处理对白菜产量及品质的影响,以期探究营养液水培条件下白菜优质高效生产的适宜光照密度及钾素水平,为叶菜工厂化水培生产过程中的光照调控和营养液管理提供一定的理论依据。

收稿日期:2017-10-27

基金项目:江苏省科技项目(编号:BE2015321);江苏省苏州市科技项目(编号:SNG201650);江苏省常熟市科技项目(编号:CN201603)。

作者简介:毕研飞(1988—),男,江苏常熟人,硕士,主要从事蔬菜种质创新及栽培技术研究。E-mail:jcsckj@foxmail.com。

通信作者:钱春桃,博士,副教授,主要从事蔬菜遗传学与栽培学的教学和研究。E-mail:chuntaoq@njau.edu.cn。

[17]张瑛,陈远新. 辽宁省土地沙漠化现状成因及发展趋势[J]. 中国地质灾害与防治学报,2000,11(4):73-77.

[18]韩巧霞,郭天财,阎凌云,等. 土壤质地对小麦旗叶部分生理活性的影响[J]. 麦类作物学报,2009,29(4):639-642.

[19]Letey J,袁剑航. 土壤物理性质和作物生产的关系[J]. 土壤学进展,1987,15(1):40-44.

[20]李玉航. 沙区营造杨树速生林的关键栽培措施[J]. 辽宁林业科技,2004(1):39-40,44.

[21]莫康乐,陈立欣,周洁,等. 永定河沿河沙地杨树人工林蒸腾耗水特征及其环境响应[J]. 生态学报,2014,34(20):5812-5822.

[22]张鼎华,瞿明普,林平,等. 杨树刺槐混交林下沙质土壤腐殖物质特性[J]. 林业科学,2001,37(3):58-63.

[23]王凯,王道涵,张成龙,等. 辽西北防护林对林下土壤理化性状的影响[J]. 东北林业大学学报,2014,42(10):77-79,99.

[24]宋乃平,吴旭东,潘军,等. 荒漠草原人工柠条林对土壤质地演进过程的影响[J]. 浙江大学学报(农业与生命科学版),2015,41(6):703-711.

[25]闫德仁. 科尔沁沙地杨树防护林衰退原因探讨[J]. 内蒙古林业科技,2016,42(1):49-51.

[26]王汉双. 试谈沙地杨树“小老树”的形成与改造[J]. 内蒙古林业科技,1987(4):21-22.

[27]刘增文,余清珠,王进鑫. 黄土高原残塬沟壑区地刺槐不同皆伐更新幼林地土壤水分动态[J]. 生态学报,1997,17(3):234-238.

[28]方升佐,徐锡增,吕士行,等. 杨树萌芽更新及持续生产力[J]. 南京林业大学学报(自然科学版),2000,24(4):43-48.