

宁夏设施夏秋茬薄皮甜瓜品种筛选试验

汪 洋, 高艳明, 李建设

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:在宁夏地区,对“冰美人”、“白山蜜1号”、“白山蜜4号”、“特甜白甜宝”、“美人甜”、“高糖勇士”、“真甜大王”7个白(黄白)色薄皮甜瓜品种和“冰糖子”、“芝麻蜜”、“绿明珠”、“冰翡翠”、“香酥公主”、“浪潮大青玉”6个传统类型薄皮甜瓜品种进行了日光温室夏秋茬品种比较试验。结果表明:“白山蜜4号”、“冰美人”、“美人甜”3个白(黄白)皮品种和“冰糖子”、“香酥公主”、“绿明珠”3个传统类型品种综合表现优良,适宜宁夏地区设施夏秋茬栽培。

关键词:薄皮甜瓜;设施栽培;夏秋茬;品种筛选

中图分类号:S 652 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)15-0053-04

宁夏地区薄皮甜瓜主要以露地、小拱棚和塑料中棚爬地栽培为主,每年种植面积在 333 hm² 以上^[1]。近年来,随着宁夏日光温室面积的不断发展,温室薄皮甜瓜的种植面积不断扩大,特别是秋冬季和春季 2 茬设施甜瓜栽培,给种植农户带来了较好的经济收益^[2]。宁夏地区温室薄皮甜瓜秋冬茬栽培通常选在 8 月下旬至 9 月上旬定植,12 月中、下旬上市,春茬安排在 1 月下旬至 2 月下旬定植,5 月中下旬上市^[3]。随着人民生活水平的提高,更需要园艺产品全年均衡供应。针对宁夏设施薄皮甜瓜茬口安排单一,选择 13 个薄皮甜瓜品种,进行了夏秋茬品种比较试验,以期筛选适宜宁夏设施夏秋茬栽培的薄皮甜瓜品种,为薄皮甜瓜生产的品种选择提供依据。

第一作者简介:汪洋(1989-),男,宁夏银川人,硕士,现主要从事设施蔬菜栽培研究工作。E-mail:wy304808977@163.com.

责任作者:李建设(1963-),男,河北藁城人,博士,教授,现主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究工作。E-mail:jslinxncn@yahoo.com.cn.

基金项目:国家星火计划资助项目(2012GA880002);宁夏自治区科技攻关资助项目(2010AB00212)。

收稿日期:2013-03-07

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试的 13 个薄皮甜瓜品种由长春大富农种苗科贸有限公司提供,分别为白(黄白)色品种:“冰美人”、“白山蜜1号”、“白山蜜4号”、“特甜白甜宝”、“美人甜”、“高糖勇士”、“真甜大王”;传统类型品种:“冰糖子”、“芝麻蜜”、“绿明珠”、“冰翡翠”、“香酥公主”、“浪潮大青玉”。

1.2 试验方法

试验在宁夏贺兰园艺产业园连栋玻璃温室内进行。采用随机区组设计,13 个处理,3 次重复,共计 39 个小区。每小区每品种定植 48 株,小区面积 10.5 m²,种植密度株距 0.25 m,行距 0.8 m,3 200 株/667 m²。各品种于 2012 年 6 月 20 日播种,采用 72 穴穴盘育苗,2012 年 7 月 25 日定植。试验采用营养液基质栽培,定植前使用聚苯乙烯板(300 cm×100 cm×5 cm)建立栽培基质槽。槽长 18 m、宽 1 m,相邻基质槽 0.75 m。槽内填入混合基质,基质配比,草炭:蛭石=2:1。每槽安放 2 根滴灌管。生长期全程浇灌营养液,根据生长状况及天气情况,每天供液 1~2 次,营养液配方见表 1。各品种植株

2.3 集成技术需要标准化

近年来,各地推广了一系列蔬菜生产新技术,但技术应用的不规范影响了应用效果。如膜下暗灌是一项很好的节水控湿技术,但在生产实践中发现有些地方冬季用黑膜覆盖,导致地温低,影响蔬菜生长;有些地方虽然使用黄板诱杀害虫,但棚室入口和放风口的防虫网却不严密。这些都使得该技术应用的效果大打折扣。技术集成应用也是一个对系列技术进行规范化和标准化的过程,否则,一项技术的不规范,将会影响整体集成技术的应用效果。

2.4 通过产业化运行推动集成技术的推广

面对分散的千家万户的蔬菜生产,蔬菜新技术推广效率往往不高。课题组在技术集成示范应用中,与重视经营且和农民联系较密切的合作社、企业(固安县顺斋瓜菜种植专业合作社、唐山绿野农林种养殖有限公司和饶阳县瓜菜果品交易市场)密切结合,在企业、合作社基地培育示范大户,建立了“高校+合作社(企业)+示范大户”的技术示范推广模式,形成了上下联动、高效运行的技术集成与推广机制,大大提高了技术推广的效率。

均采用吊蔓栽培,单蔓整枝,主蔓 14~17 节预留瓜,瓜前 1 叶摘心,主蔓第 27 节左右打顶,雌花开放后,用 0.1%

吡效隆(氯吡脲)蘸花,每株定瓜 3~4 个。各处理间病虫害防治等其它管理措施一致。

表 1

基质培养液元素配方

Table 1

Elemental formula of the nutrient solution in substrate culture

元素	大量元素 Major elemental formula/mmol · L ⁻¹						微量元素 Trace elements formula/mg · L ⁻¹						
	NO ₃ ⁻ -N	NH ₄ ⁺ -N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
	12	1.3	1.3	6	3.5	1.5	2	3	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01

1.3 项目测定

1.3.1 甜瓜生育期调查 记录 13 个甜瓜品种的播种期、定植期、授粉日期、采收期,统计果实发育期和全生育期所用时间。

1.3.2 甜瓜生长情况 每小区确定 5 株,果实采收前测量各品种的主蔓长、节数、子叶叶痕以上第 1 节茎粗、最大叶片长、最大叶片宽和叶柄长。

1.3.3 甜瓜产量测定 采收前每试验小区选取有代表性的 5 个植株,测定每品种每株瓜数、单果质量、坐果节位。并在采收时按小区称重,计算小区平均产量,并折算成 667 m² 产量。

1.3.4 甜瓜品质测定 每品种选取 10 个具有代表性的果实测量果实纵径、横径、果肉厚度,计算果形指数,使用糖量计测定中心折光糖含量和边缘折光糖含量。

1.3.5 甜瓜叶斑病发病率调查 每小区随机选取 5 株,39 个小区共计 195 株,采收期调查甜瓜叶斑病发病情况,计算病情指数。按叶斑病流行程度,共分 5 级^[4]。1 级:全株叶片无病斑;2 级:植株下部叶片有少量病斑;3 级:植株中、下部叶片有少量病斑;4 级:植株中、下部大

多叶片有病斑;5 级:植株中下部大多叶片有较多病斑,少量下部叶片发黄脱落;病情指数=(∑各级病株数×各级代表值/调查总株数×最高级代表值)×100。

1.4 数据分析

数据处理及分析采用 Excel 2003、DPS v 7.05 统计软件进行;采用新复极差测验法(LSR),进行差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 13 个甜瓜品种的生育期调查

由表 2 可知,同期播种的 13 个品种授粉期、成熟期有所不同。白色品种中“白山蜜 1 号”全生育期天数最短,为 82 d,“美人甜”生育期最长,为 91 d,2 个品种生育期相差 9 d,7 个品种全生育期排序依次为:“白山蜜 4 号”>“美人甜”>“特甜白甜宝”>“冰美人”、“高糖勇士”>“真甜大王”>“白山蜜 1 号”;传统品种中“芝麻蜜”全生育期最短,为 84 d,“冰糖子”、“浪潮大青玉”全生育期为 90 d,6 个品种生育期排序为:“冰糖子”、“浪潮大青玉”>“冰翡翠”>“香酥公主”>“绿明珠”>“芝麻蜜”。

表 2

13 个甜瓜品种的生育期调查

Table 2

Investigations of 13 oriental melon varieties on growth period

类型	品种	播种期	定植期	授粉期	成熟期	果实发育期	全生育期
Type	Varieties	Sowing time	Transplanting time	Pollination time	Mature time	Fruit growth period / d	Whole growth period/d
白(黄白)色 White (yellow and white) color	“美人甜”	6-20	7-25	8-22	10-21	60	88
	“高糖勇士”	6-20	7-25	8-19	10-18	60	85
	“真甜大王”	6-20	7-25	8-21	10-17	57	84
	“冰美人”	6-20	7-25	8-20	10-18	59	85
	“白山蜜 1 号”	6-20	7-25	8-18	10-15	58	82
	“白山蜜 4 号”	6-20	7-25	8-24	10-24	61	91
	“特甜白甜宝”	6-20	7-25	8-21	10-20	60	87
传统 Tradition	“冰糖子”	6-20	7-25	8-23	10-23	61	90
	“芝麻蜜”	6-20	7-25	8-21	10-17	57	84
	“绿明珠”	6-20	7-25	8-20	10-19	60	86
	“冰翡翠”	6-20	7-25	8-21	10-22	62	89
	“香酥公主”	6-20	7-25	8-22	10-21	60	88
	“浪潮大青玉”	6-20	7-25	8-23	10-23	61	90

注:授粉期指主蔓 12~14 节上侧枝第 1 雌花开放时授粉的时间。

2.2 生长状况

由表 3 可知,7 个白(黄白)色类型品种茎粗差异不

显著,“美人甜”与其余 6 个品种主蔓长存在极显著差异;在 6 个传统类型品种中,“冰翡翠”、“香酥公主”、“浪潮大

表 3 13 个甜瓜品种生长状况比较

Table 3 Comparison of 13 oriental melon varieties on growth conditions

类型 Type	品种 Varieties	主蔓长 Length of main vine/cm	茎粗 Stem diameter /cm	节数 Pitch number	平均坐果节位 Average fruit setting section	叶柄长 Petiole length	最大叶 Max-leaf 叶宽 Leaf width/cm	叶长 Leaf length/cm
白(黄白)色 White (yellow and white) color	“美人甜”	225.9bB	6.7aA	31bcBC	19	14.3bC	20.6bcAB	19.5bcdABC
	“高糖勇士”	227.6bAB	7.2aA	31bBC	20	15.1bBC	20.4bcB	17.8dC
	“真甜大王”	232.5abAB	7.0aA	33bB	19	15.4bBC	20.1cB	18.6cdBC
	“冰美人”	235.0abAB	6.4aA	28cdCD	14	16.5abABC	20.4bcB	19.6bcABC
	“白山蜜 1 号”	236.5abAB	7.1aA	31bBC	16	18.7aA	23.2aA	20.6abAB
	“白山蜜 4 号”	241.9aA	6.6aA	27dD	19	18.7aA	22.0abAB	21.8aA
	“特甜白甜宝”	228.2bAB	7.0aA	37aA	17	18.3aAB	21.9abcAB	17.7dC
	“冰糖子”	249.8aA	7.7aA	31bB	16	17.6aA	24.5aA	20.5bcBC
	“芝麻蜜”	256.0aA	6.6cB	37aB	15	15.4bA	21.8bBC	19.3cdCD
	“绿明珠”	256.0aA	7.1bAB	32bB	18	17.4abA	24.9aA	21.3bAB
传统 Tradition	“冰翡翠”	215.7cB	6.7bcB	28cCD	18	17.4abA	24.6aA	20.8bBC
	“香酥公主”	214.7cB	6.8bcB	26cD	15	16.6abA	24.3aAB	23.1aA
	“浪潮大青玉”	227.4bB	6.7bcB	30bBC	16	15.4bA	21.6bC	18.1dD

注:小写字母表示 5% 的显著水平,大写字母表示 1% 的显著水平,下同。

青玉”与“冰糖子”、“芝麻蜜”、“绿明珠”主蔓长存在极显著差异,“冰糖子”与其余 5 个品种茎粗存在显著差异。

2.3 单果质量及产量

由表 4 可知,7 个白(黄白)色类型薄皮甜瓜品种,“真甜大王”单果质量最高,为 820 g,与“美人甜”差异不显著,但与其余 5 个品种存在显著差异;“白山蜜 1 号”

折合 667 m² 产量最高,为 3 449.6 kg,与“真甜大王”、“特甜白甜宝”存在显著差异;比较 6 个传统品种,“冰糖子”平均单果重最高,为 524 g,与其余 5 个品种存在极显著差异;“香酥公主”折合小区量最高,为 3 402.7 kg/667 m²,“浪潮大青玉”小区产量最低,为 1 930.7 kg,2 个品种小区产量存在显著差异。

表 4 13 个甜瓜品种的小区产量比较

Table 4 Comparison of 13 oriental melons varieties on plot yield

类型 Type	品种 Varieties	单果重量 Fruit weight/g	I	小区产量 Plot yield/kg II	III	平均 Average	折合 667 m ² 产量 Average yield of 667 m ² /kg	位次 Rankings
白(黄白)色 White (yellow and white) color	“美人甜”	631abAB	40.13	52.13	35.42	42.56abA	2 837.3	3
	“高糖勇士”	493bcBC	38.02	31.97	52.13	40.71abA	2 713.6	5
	“真甜大王”	820aA	42.05	26.21	37.15	35.14bA	2 342.4	6
	“冰美人”	334cC	57.22	50.40	41.09	49.57abA	3 304.5	2
	“白山蜜 1 号”	542bABC	52.32	36.10	36.58	41.67abA	2 777.6	4
	“白山蜜 4 号”	586bABC	50.11	58.75	46.37	51.74aA	3 449.6	1
	“特甜白甜宝”	328cC	31.68	25.44	44.45	33.86bA	2 257.1	7
	“冰糖子”	524aA	65.28	38.78	40.70	48.25aA	3 217.1	2
	“芝麻蜜”	310bcB	33.60	30.05	41.09	34.91abA	2 327.5	5
	“绿明珠”	362bcB	34.94	41.47	57.98	44.80abA	2 986.7	3
传统 Tradition	“冰翡翠”	294cB	56.45	36.96	35.04	42.15abA	2 854.4	4
	“香酥公主”	391bB	45.60	58.46	49.06	51.04aA	3 402.7	1
	“浪潮大青玉”	320bcB	30.91	23.81	32.16	28.96bA	1 930.7	6

2.4 果实品质及特征

由表 5 可知,“特甜白甜宝”在 7 个白(黄白)色类型品种中果肉厚度最低,为 17.01 mm,但中心糖度最高为 15.75%,与“美人甜”、“真甜大王”差异不显著,与“白山蜜 1 号”、“白山蜜 4 号”、“高糖勇士”、“冰美人”存在显著差异;6 个传统类型薄皮甜瓜品种的果肉厚度、中心糖度差异均不显著;“浪潮大青玉”与其余 5 个品种边缘糖度存在极显著差异。

2.5 叶斑病发病情况调查

由表 6 可知,白(黄白)色类型中“高糖勇士”发病情况较严重,病情指数最高,为 10.00,“特甜白甜宝”次之,为 9.08,“白山蜜 4 号”、“白山蜜 1 号”、“美人甜”对叶斑病抗性较强,病斑较少,叶片无发黄脱落现象。传统类型品种中“浪潮大青玉”病情指数最高,为 9.69,“香酥公主”最低,为 3.38。在所有品种中“香酥公主”发病率最低,表明抗病性最强。

表 5

13 个甜瓜品种的果实品质测定

Table 5

Determination of 13 oriental melons varieties on fruit quality

类型 Type	品种 Varieties	纵径 Vertical diameter /cm	横径 Transverse diameter/cm	果型指数 Indexes of fruit shape	果肉厚度 Flesh thickness /mm	中心糖度 Central sugar content/%	边缘糖度 Edge sugar content/%	肉色 Flesh color
白(黄白)色 White (yellow and white) color	“美人甜”	16.66	9.46	1.76	24.25abA	15.60aA	9.25aA	白
	“高糖勇士”	9.99	8.68	1.15	21.85abA	13.20bcCD	4.55bA	淡黄
	“真甜大王”	14.68	10.02	1.47	25.65aA	15.05aAB	8.30abA	白
	“冰美人”	8.71	8.30	1.05	18.45abA	12.40cD	7.80abA	白
	“白山蜜 1 号”	10.27	9.45	1.09	23.18abA	13.25bcCD	8.80aA	淡黄
	“白山蜜 4 号”	11.97	9.33	1.28	22.50abA	13.95bBC	9.80aA	淡黄
	“特甜白甜宝”	4.66	8.52	0.55	17.01bA	15.75aA	7.60abA	淡黄
	“冰糖子”	12.24	9.21	1.33	18.27aA	13.25aA	8.10bB	橘黄
传统 Tradition	“芝麻蜜”	10.73	7.48	1.43	20.19aA	13.00aA	6.10bcB	橘黄
	“绿明珠”	9.63	8.56	1.13	17.08aA	13.30aA	5.30cB	金黄
	“冰翡翠”	8.54	8.13	1.05	17.19aA	13.30aA	5.20cB	绿
	“香酥公主”	25.95	6.15	4.22	13.29aA	12.55aA	8.05bB	白
	“浪潮大青玉”	8.18	8.40	0.97	18.08aA	14.90aA	12.30aA	淡黄

表 6 13 个甜瓜品种叶斑病调查

Table 6 Investigations of 13 oriental melons varieties on leaf spot

类型 Type	品种 Varieties	病情指数 Disease index
白(黄白)色 White (yellow and white) color	“美人甜”	3.90
	“高糖勇士”	10.00
	“真甜大王”	5.08
	“冰美人”	4.38
	“白山蜜 1 号”	3.69
	“白山蜜 4 号”	3.38
	“特甜白甜宝”	9.08
	“冰糖子”	4.92
传统 Tradition	“芝麻蜜”	7.69
	“绿明珠”	9.54
	“冰翡翠”	8.77
	“香酥公主”	3.38
	“浪潮大青玉”	9.69

3 结论

综合比较 7 个白(黄白)色类型薄皮甜瓜品种,其中“白山蜜 4 号”667 m² 产量 3 449 kg,果型美观、肉厚多汁且抗病性较强。“美人甜”果型大、甜度高、口感最佳。“冰美人”生育期短,可在夏秋茬提早上市。通过比较各

品种植株生长势、产量、抗病性、果实品质及外观,“白山蜜 4 号”、“美人甜”、“冰美人”3 个品种可在宁夏地区设施条件下夏秋茬推广种植。

综合比较 6 个传统薄皮甜瓜品种,“冰糖子”、“香酥公主”、“绿明珠”表现最优。其中“冰糖子”、“绿明珠”果型小巧、甜度适中、颜色鲜绿为传统薄皮甜瓜优势品种;“香酥公主”果型奇特,对叶斑病抗性较强。因此,这 3 个品种可在宁夏地区设施条件下夏秋茬推广种植。

参考文献

- [1] 黄莉,刘声峰,郭松,等.宁夏银北地区设施薄皮甜瓜吊蔓高效栽培技术[J].黑龙江农业科学,2012(10):160-162.
- [2] 张德威.一优二高蔬菜栽培[M].上海:上海科学技术出版社,1993:27-30.
- [3] 高莉茹,扈利民.中棚薄皮甜瓜栽培技术[J].内蒙古农业科技,2004(SD):141-142.
- [4] 厉广辉,万勇善,刘风珍,等.花生源库关系与叶斑病发病规律的研究[EB/OL].中国科技论文在线,http://www.paper.edu.cn/releasepaper/content/200805-256,2008-05-09.

Varieties Screening Test of Oriental Melon Cultivation in Summer-Autumn in the Greenhouse of Ningxia

WANG Yang,GAO Yan-ming,LI Jian-she

(College of Agriculture,Ningxia University,Yinchuan,Ningxia 750021)

Abstract: Taking ‘Ice queen’, ‘Baishan honey No. 1’ and ‘Baishan honey No. 4’, ‘Special sweet white Tianbao’, ‘Beautiful sweet’, ‘High glucose warrior’, ‘Sweet king’ a total of 7 white (yellow) color varieties and ‘Rock sugar’, ‘Sesame honey’, ‘Green Pearl’, ‘Ice jade’, ‘Crispy Princess’, ‘Big green wave’ a total of 6 traditional varieties of oriental melon as materials, the varieties screening test in summer-autumn in the greenhouse of Ningxia region were studied. The results showed that ‘Baishan honey No. 4’, ‘Ice queen’, ‘Beautiful sweet’ of 3 white (yellow) color varieties and ‘Rock sugar’, ‘Crispy princess’, ‘Green pearl’ of 3 traditional varieties were better than others and suitable for cultivated in summer-autumn in the greenhouse of Ningxia region, other varieties showed low yield, poor disease resistance and poor quality, were not suitable cultivated in summer-autumn in the greenhouse of Ningxia region.

Key words: oriental melon; greenhouse cultivation; cultivation in summer-autumn; variety screening

螺旋式立柱栽培光环境模拟研究

李加利¹, 刘继展¹, 李萍萍^{1,2}, 刘 炜¹

(1. 江苏大学, 现代农业装备与技术教育部重点实验室, 江苏 镇江 212013; 2. 南京林业大学, 江苏 南京 210037)

摘 要:针对传统的温室光环境研究中采用的室内栽培试验手段中所存在的不足, 利用 Ecotect 软件, 以螺旋式立柱为对象, 模拟了其在温室内外的光环境特征, 并与实际测定值进行了比较。结果表明: 用 Ecotect 软件进行光环境模拟, 室外的模拟值与测定值之间结果基本一致, 室内模拟值略高于实测值。该模拟方法可以更加直观的得到温室内光环境空间变化特征, 为设施作物栽培管理提供科学依据。

关键词:光环境; 螺旋式立柱; Ecotect; 模拟

中图分类号:S 625.5⁺2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)15-0057-04

柱式无土栽培^[1]是综合设施农业、立体农业和无土栽培于一体的栽培技术。通过树立起来的立柱作为植物生长的载体, 使作物栽培向空间发展, 可以充分利用温室空间和太阳能, 并且可以提高 3~5 倍的土地利用率, 进而提高 2~3 倍单位面积产量。但是, 将柱式无土栽培引入到矮生叶菜、花卉类的大规模农业生产中时, 立柱阴阳面和立柱间相互遮挡所造成的光照分布不均匀问题, 已成为限制柱式无土栽培推广普及的主要障碍之一。开展针对单立柱和多立柱生产系统光环境的分析对于解决柱式栽培的均匀采光问题具有重要的意义。

龚颂福等^[2]、刘伟等^[3]发现并指出了立柱栽培的采光不均匀问题, 但尚鲜见针对立柱栽培光环境的研究。现有温室的研究还主要以模型理论^[4-7]为主; 光环境的分析、验证还主要以试验为主^[8-10], 耗时、耗力, 而且效果也不理想, 缺少能详尽地描述温室内农业生产布局对作物种植区域光环境影响的科学方法^[11-12]。该试验利用生态模拟软件 Ecotect 进行了螺旋式立柱栽培的光照分析, 通过温室内、外螺旋式立柱周围光照模拟结果与实测结果的对比分析, 对 Ecotect 软件在温室立柱栽培光环境分析中的可行性进行了验证。

1 栽培立柱周围光环境测定试验

试验采用自主开发的螺旋式栽培立柱试验系统, 立

柱直径 250 mm、柱体高 1 300 mm、螺距 300 mm。立柱下方具有水箱, 底部安装滚轮。立柱的结构和测定位置见图 1、2 所示。

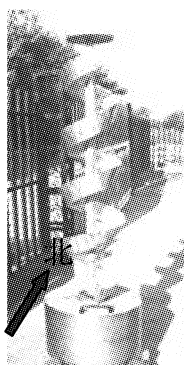


图 1 露天采光试验



图 2 温室内采光试验

该试验在江苏大学农业工程研究院实验室内进行。分别在自控连栋玻璃温室内和温室外露天环境下, 将螺旋式立柱置于四周无明显遮挡的位置。在全年中日照时间最短的 12 月中旬前后进行光强的实地测验和模拟分析。测定日的天气情况为晴天, 在上午 9:00~15:00 时间段内每 1 h 测量 1 次。实地测验时采用 TES-1335 照度计测量试验点的光照强度。沿螺旋外槽面每上升 45° 取 1 个测量试验点见图 3。安置螺旋式立柱时 1、9、17 和 25 号测试点朝向正南; 5、13、21 和 29 号朝向正北。

2 栽培立柱周围光环境模拟

2.1 Ecotect 软件简介

该试验中采用 Autodesk Ecotect Analysis 绿色建筑辅助生态设计软件^[13]进行立柱周围的光环境模拟。通过对场地或建筑等进行实体建模并赋予模型地理位置信息(包括经度、纬度、时区等), Ecotect 可根据这些技术参数完成太阳辐射、热能、声学等方面的模拟分析。

第一作者简介:李加利(1986-), 男, 山东聊城人, 硕士, 研究方向为农业工程。E-mail: lijiali208@126.com.

责任作者:李萍萍(1956-), 女, 浙江宁波人, 博士, 教授, 博士生导师, 现主要从事设施农业工程等研究工作。E-mail: Lipingping@uj.s.edu.cn.

基金项目:中国博士后科学基金资助项目(2012M521013)。

收稿日期:2013-04-15