

倪纪恒,王媛媛,李龙兴,等. 水分传感器位置和基质含水量对一品红生长和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(12):110-116.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.12.018

水分传感器位置和基质含水量对一品红 生长和品质的影响

倪纪恒,王媛媛,李龙兴,朱恺豪,高洪燕

(江苏大学农业工程学院,江苏镇江 212013)

摘要:水分管理是温室花卉生产中重要的管理措施之一。针对目前花卉研究中未考虑栽培基质内水分空间异质性的问题,以一品红“喜庆红”品种为试验材料,于2019年10月至2020年1月在江苏大学 Venlo 型温室中开展不同水分传感器位置和基质含水量的试验,并对一品红生长指标和品质指标进行了测定。采用主成分分析法确定了影响一品红生长和品质的主要组分。结果表明,基质含水量显著影响一品红的新增叶长和新增叶展,水分传感器位置显著影响一品红的生长和品质指标。通过主成分分析和综合评分,水分传感位置为 H2(距根基 8 cm),基质含水量为 W3 处理(传感器测定含水量为 $30\% \leq w \leq 40\%$) 结果最优。该研究结果可以为温室花卉的自动化管理提供理论依据。

关键词:一品红;水分传感器;基质含水量;主成分分析;生长;品质

中图分类号: S685.230.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)12-0110-07

花卉生产是一种高附加值的农业生产。随着我国设施园艺的发展,花卉的设施化栽培得到了大规模应用。目前我国花卉生产存在管理粗放、智能

化水平低等问题,且生产中以人工为主,劳动强度大,人均管理面积仅为国外发达国家的 1/10。据农业部公布的 2019 年度花卉产业数据,花卉种植面积达 130.55 万 hm^2 , 同比增长 2.78%, 产值达 1302.57 亿元,同比增长 1.81%, 但是目前,我国农业设施化水平仍落后于世界平均水平,设施化普及率还比较低。这主要由于设施花卉生产过程中管理粗放,导致设施花卉的生产潜力未能得到充分发挥。水分管理是设施花卉管理的重要组成部分。

收稿日期:2020-11-12

基金项目:江苏省科技重点项目(编号:1721202133)。

作者简介:倪纪恒(1976—),男,河南许昌人,博士,副研究员,主要从事温室花卉生长研究。E-mail:nijiheng@163.com。

通信作者:高洪燕,博士,助理研究员,主要从事农业信息集成、决策与应用研究。E-mail:gaohy@ujs.edu.cn。

条诱导[J]. 山口农试研报,1988(40):44-48.

[9]李良俊,赵有为. 莲藕茎尖培养苗的快繁技术[J]. 南京农业大学学报,1998,21(1):113-115.

[10]徐君,李静会,李欣,等. 荷花顶芽初代组织培养[J]. 江苏农业科学,2013,41(3):38-39.

[11]Arunyanart S, Soonstrony S. Mutation induction by γ - and X-ray irradiation in tissue cultured lotus[J]. Plant Cell Tissue and Organ Culture, 2002, 70:119-122.

[12]孔德政,李艳妮,杨秋生,等. 荷花胚组织培养的初步研究[J]. 河南科学,2007,25(4):593-595.

[13]Buathong R, Saetiew K, Phansiri S, et al. Tissue culture and transformation of the antisense *DFR* gene into lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn.) through particle bombardment[J]. Scientia Horticulturae, 2013, 161:216-222.

[14]Liu Y L, Chaturvedi P, Fu J L, et al. Induction and quantitative proteomic analysis of cell dedifferentiation during callus formation of lotus (*Nelumbo nucifera* Gaertn. spp. *baijianlian*) [J]. Journal Proteomics, 2016, 131:61-70.

[15]何碧珠,曾明星,赵时端,等. 建莲茎尖离体培养研究初报[J]. 福建农林大学学报(自然科学版),2002,31(1):59-61.

[16]李良俊,何小娣,赵有为,等. 莲藕茎尖培养技术的初步研究[J]. 江苏农学院学报,1995,16(3):31-34.

[17]Liu Q Q, Zhang D S, Liu F L, et al. Micropropagation of *Nelumbo nucifera* ‘Weishan Hong’ through germfree mature embryos[J]. In Vitro Cellular Developmental Biology - Plant, 2019, 55:305-312.

[18]Taha R M, Othman R. Effects of NAA and BAP, double-layered media, and light distance on *in vitro* regeneration of *Nelumbo nucifera* Gaertn. (lotus), an aquatic edible plant[J]. The Scientific World Journal, 2014(12):74518.

[19]李国树,徐成东,王波,等. 植物组织培养节能降耗研究进展[J]. 植物学研究,2014,3:105-110.

[20]周俊辉,周厚高,刘花全. 植物组织培养中的内生细菌污染问题[J]. 广西植物,2003,23(1):41-47.

[21]Enjalric F, Carron M P, Lardet L, et al. Contamination of primary cultures in tropical areas: The case of *Hevea brasiliensis* [J]. Acta Horticulturae, 1988, 225:57-65.

因此,加强对温室花卉水分管理的研究,对提高我国花卉管理水平具有重要的推动作用。

一品红(*Euphorbia pulcherrima* Willd. et Kl.)属于大戟科观赏灌木,是我国的畅销花卉。水分是一品红生长和品质的重要影响因素。研究表明,灌溉量的大小直接影响花卉生长发育和品质。马福生等认为设定不同的灌溉下限,对红掌的观赏品质有影响,尤其在株高、冠幅方面^[1]。袁小环等认为,春秋季节给予适当的灌溉可以延长石竹的观赏期^[2]。徐曼等探讨了不同灌水和蛭石处理对盆栽一品红生长和灌溉水利用效率的影响,发现不同水分处理对红叶数量、总叶数量的影响均显著^[3]。孙向丽等发现一品红基质含水量在 59.28% ~ 66.83% 时,可认为是适宜一品红生长发育的基质含水量^[4-5]。之后通过作者进一步的研究,从根系形态和生理指标 2 个方面研究了不同浇水频率和施肥量对盆栽一品红生长的影响,发现不同基质含水量对根系连接数、累计长度、累计表面积、根系生理指标等的影响是大不相同的。

虽然前人研究了不同水分处理对一品红生长及品质的影响,但大多研究均将栽培基质内的水分视为一个均匀分布的介质,未考虑栽培基质内水分的空间异质性。这对于以基质含水量作为启动因子的水分管理系统来说,水分传感器位置不同,灌水量也不相同。鉴于此,本研究主要通过盆栽一品红进行不同基质含水量(W1、W2、W3)和不同水分传感器位置(H1、H2)处理后,通过测定和计算一品红的叶展、叶片长度、叶片宽度、红叶数量、花苞头数、株高、冠幅、冠高比、损伤叶片数量等,研究不同基质含水量和不同传感器位置处理下对一品红生长状况和品质的影响,以期对温室一品红栽培的水分管理提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验基本状况

试验于 2019 年 10 月 12 日开始至 2020 年 1 月 3 日结束,在江苏大学 venlo 型温室(地理位置:119°27'E, 32°12'N)进行。温室东西走向,长 45 m、跨度 6 m、脊高 3.2 m。温室内加热系统、帘幕系统、通风系统均由计算机自动控制。试验的花卉品种是喜庆红,挑选 90 株生长健壮、一致、无病虫害的一品红植株进行试验。试验共设 6 个处理,每个处理处理 15 株。所有处理施肥统一采用花多多 20-10-20 复

合肥,稀释 1 000 倍喷施混用,以防影响水分因子的作用,其他的环境条件都采用常规管理。

1.2 试验设计

试验共设 6 个处理。以水分传感器位置和基质含水量为因素,具体设计见表 1,表中 H 为水分传感器距根基(一品红基质表面部位和基质交界处)的位置, W 为传感器测定含水量。其中水分传感器位置因素设置 2 个水平(H_1 —距根基 4 cm; H_2 —距根基 8 cm);将基质含水量 55% ~ 70% 通过标定试验,设置 3 个水平(W_1 :传感器测定含水量为 $10\% \leq W < 20\%$; W_2 :传感器测定含水量为 $20\% \leq W < 30\%$; W_3 :传感器测定含水量为 $30\% \leq W \leq 40\%$)。

表 1 水分传感器位置和基质含水量试验设计

处理	H (cm)	W (%)
W1H1	4	$10 \leq W < 20$
W1H2	8	$10 \leq W < 20$
W2H1	4	$20 \leq W < 30$
W2H2	8	$20 \leq W < 30$
W3H1	4	$30 \leq W \leq 40$
W3H2	8	$30 \leq W \leq 40$

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生长指标 从 2019 年 10 月 12 日开始测量,此次试验的数据测量作为基础数据,以后每隔 7 d 测量 1 次,共测量 13 次。直尺测量叶展(选取顶层新生叶标记测得叶片伸展的最大距离)、叶片长度(叶痕到叶尖的距离)、叶片宽度(叶面最宽的宽度),计数测得红叶数、花苞头数,用卷尺测得株高(根基到最高主干茎的垂直距离)、冠幅(南北方向直径)。在各个处理下,平均每株新增量以处理前测得的各生长指标的数据为基数,13 次数据取平均值。

1.3.2 品质指标 上市时,对一品红各处理计算冠高比,计数测定损伤叶片数。

1.3.3 基质含水量 本试验中基质含水量由 WatchDog 2900ET 气象站自动采集。传感器探头按不同处理分别埋设在距根基 4、8 cm 处,数据采集频率为每隔 10 min 采集 1 次。

1.3.4 数据处理及分析 采用 Excel 2010 软件对采集的生长和品质指标进行方差分析,采用 SPSS 14.0 软件对采集的数据进行主成分分析。

2 结果与分析

2.1 不同基质含水量对一品红生长情况的影响

表 2 是基质含水量对一品红生长的影响,可知

不同基质含水量处理在新增叶宽、新增红叶数、新增株高、新增冠幅、新增花苞数方面无显著差异。在新增叶长方面,W2、W3 处理下的增长长度大于 W1 处理,差异达到极显著水平($P<0.01$)。在新增

叶展方面,W2 处理、W3 处理极显著大于 W1 处理($P<0.01$)。综合说明不同基质含水量处理间一品红生长状况基本无显著差异,即我们选择不同基质含水量,对一品红生长无显著影响。

表 2 基质含水量对一品红生长的影响

处理	新增叶长 (cm)	新增叶宽 (cm)	新增叶展 (cm)	新增红叶数 (张)	新增株高 (cm)	新增冠幅 (cm)	新增花苞数 (朵)
W1	1.90±0.82B	1.71±0.67a	2.23±0.82B	8.73±6.88a	6.33±3.13a	15.25±3.43a	2.62±2.10a
W2	2.50±0.87A	1.91±0.64a	2.82±0.87A	11.42±8.86a	5.92±3.05a	16.78±3.39a	3.49±2.26a
W3	2.62±1.04A	1.93±0.70a	2.95±1.04A	11.24±9.50a	6.58±3.05a	16.96±3.75a	3.03±2.23a

注:所有数据为平均值±标准差,同一列数据后不同大、小写字母分别表示差异达极显著($P<0.01$)、显著水平($P<0.05$)。表 3 同。

由表 3 可知,水分传感器位置距根基 4.8 cm 时,探索传感器位置对一品红新增红叶数、新增株高、新增花苞数等方面的影响均无显著差异,但 H1 处

理与 H2 处理,在新增叶长、新增叶宽、新增叶展、新增冠幅这 4 个方面都有显著差异,H2 处理的生长量均显著大于 H1 处理($P<0.05$)。

表 3 传感器位置对一品红生长的影响

处理	新增叶长 (cm)	新增叶宽 (cm)	新增叶展 (cm)	新增红叶数 (张)	新增株高 (cm)	新增冠幅 (cm)	新增花苞数 (朵)
H1	1.98±0.75b	1.75±0.62b	2.33±0.82b	9.47±8.01a	6.33±3.13a	15.45±3.03b	2.52±2.10a
H2	2.68±1.04a	2.20±0.96a	2.95±1.04a	11.75±8.83a	5.92±3.05a	17.78±3.39a	3.49±2.26a

2.2 主成分分析

2.2.1 对数据标准化处理及主成分分析适用性检验 主成分分析适用于变量之间存在较强相关性的数据,如果原始数据相关性较弱,应用主成分分析后不能起到很好的降维作用,所得的各主成分浓

缩原始变量的能力相差不大。本试验使用 SPSS 软件进行数据分析,将原始数据进行标准化(Z -score 法)处理,得到新的数据。结果如表 4,可知相关系数都接近于 1,说明各因素之间相关性较强,主成分分析取得的效果较理想。

表 4 生长指标的相关系数

生长指标	相关系数						
	新增叶长	新增叶宽	新增叶展	新增红叶数	新增株高	新增冠幅	新增花苞数
新增叶长	1.00						
新增叶宽	0.96	1.00					
新增叶展	1.00	0.96	1.00				
新增红叶数	0.74	0.73	0.74	1.00			
新增株高	0.81	0.86	0.81	0.83	1.00		
新增冠幅	0.92	0.91	0.92	0.77	0.88	1.00	
新增花苞数	0.79	0.77	0.79	0.78	0.78	0.90	1.00

2.2.2 主成分综合得分 从表 5 中可以看出,前 2 个主成分累计贡献率达 92.72%,说明通过新增叶长、新增叶宽 2 个指标可以反映一品红生长状况的主要信息。因此选用这 2 个成分替代原来 7 个生长指标评价一品红生长状况,以达到降维的目的。

表 6 为主成分在各生长指标上的因子载荷矩阵,该矩阵反映了一品红生长指标对此主成分负荷

相对大小和作用的方向。由表 6 可知,主成分 1 载荷值都为正,说明 7 个生长指标对主成分产生了正向作用,主成分 1 越大, $X_1 \sim X_7$ 越大。同理,主成分 2 中,载荷值较高且符号为正的指标是 $X_5 \sim X_7$,载荷值分别为 0.17、0.23、0.43,这 3 个生长指标对主成分 2 产生正向作用,剩余生长指标($X_1 \sim X_4$)的载荷值为负,产生负作用,说明主成分 2 越大,新增冠幅、

表 5 主成分的初始特征值及贡献率

生长指标	起始特征值			提取平方和载入		
	特征根	贡献率(%)	累加贡献率(%)	统计	贡献率(%)	累加贡献率(%)
新增叶长	6.04	86.33	86.33	6.04	86.33	86.33
新增叶宽	0.45	6.39	92.72	0.45	6.39	92.72
新增叶展	0.26	3.70	96.42			
新增红叶数	0.17	2.42	98.85			
新增株高	0.05	0.68	99.53			
新增冠幅	0.03	0.47	100.00			
新增花苞数	-1.91×10^{-16}	-2.73×10^{-15}	100.00			

表 6 主成分在各生长指标上的因子载荷矩阵

生长指标	载荷值	
	主成分 1	主成分 2
新增冠幅(X_1)	0.97	-0.02
新增叶展(X_2)	0.96	-0.25
新增叶长(X_3)	0.96	-0.25
新增叶宽(X_4)	0.95	-0.23
新增株高(X_5)	0.92	0.17
新增花苞数(X_6)	0.89	0.23
新增红叶数(X_7)	0.85	0.43

新增叶展、新增叶长、新增叶宽会降低。

为了消除不同单位和数据的影响,对各指标原始数据进行标准化处理,转化成均值为 0、标准差为 1 的无量纲数据($Z_1 \sim Z_7$)。用各指标变量的主成分载荷值除以主成分相对应的初始特征值的平方根,即可得到 2 个主成分中每个指标的特征向量,最终以特征向量为权重构建 2 个主成分表达式(Y_1 、 Y_2)。再以 2 个主成分及每个主成分对应的特征值占有提取主成分总的特征值之和的比例为权重,计算主成分综合模型(Y)。

$$Y_1 = 0.39Z_1 + 0.39Z_2 + 0.39Z_3 + 0.39Z_4 + 0.37Z_5 + 0.36Z_6 + 0.35Z_7;$$
$$Y_2 = -0.04Z_1 - 0.38Z_2 - 0.38Z_3 - 0.35Z_4 +$$

(1)

$$0.26Z_5 + 0.34Z_6 + 0.64Z_7;$$

(2)

$$Y = 86.33\% \times Y_1 + 6.39\% \times Y_2。$$

(3)

在主成分分析的基础上,根据综合得分模型计算不同处理的综合得分,结果如表 7 所示,综合得分越高,说明该处理的综合情况越好。在主成分 1 中,W2H1 处理的得分最高。在主成分 2 中,W1H2 处理的得分最高。从综合得分来看,W3H2 > W2H1 > W1H1 > W2H2 > W3H1 > W1H2,说明 W3H2 处理可为一品红水分管理提供理论依据。

表 7 不同处理的主成分得分和综合得分

处理	得分			综合排序
	Y_1	Y_2	Y	
W1H1	-0.022	-0.074	-0.024	3
W1H2	-1.358	0.539	-1.138	6
W2H1	0.949	-0.661	0.777	2
W2H2	-0.160	0.348	-0.116	4
W3H1	-0.317	-0.107	-0.280	5
W3H2	0.907	-0.044	0.780	1

2.3 不同处理对一品红品质的影响

如表 8 所示,该表为江苏省地方一品红分级标准,分别在冠高比、冠幅、损伤叶片数、花苞数及上市时间做出了明确的分级标准^[6]。

表 8 江苏省地方一品红分级标准

等级	冠高比	冠幅 (cm)	损伤叶片数 (张)	花盆直径 (cm)	花苞头数 (朵)	上市时间
一级	>1.0	≥ 25	0	15	3~5	苞片转色完全,尚有个别苞片未完全转色或已有小花零星开放
二级	>0.9	≥ 35	≤ 2	18	6~7	小花未开放
三级	>0.8	≥ 45	≤ 5	21	8~10	已有 10% 以上的小花开放

2.3.1 不同基质含水量对一品红品质的影响 为了方便统计查看不同基质含水量对一品红各品质造成的影响,制成表 9。表 9 清晰反映了一品红各

品质指标的各级别所占比例。在冠高比方面,不同基质含水量处理的平均冠高比均达到了一级标准,差异不明显,其中仅有基质含水量在 W3 处理下,极

小部分盆栽冠高比大于 0.9 小于 1.0,属于二级标准,说明不同基质含水量处理对一品红冠高比的影响不大。在平均损伤叶片数方面,基质含水量在 W2 处理与 W3 处理下的平均损伤叶片数相对较少;W3 处理下,一级(损伤叶片数为 0 张)占比达到 33.33%,相对较高,三级(损伤叶片数低于 5 张)占比为 0,优于其他处理组,说明该处理盆花品质较为理想。在花苞数方面,在各处理中,基质含水量在 W1 处理、W2 处理下的平均花苞数较多,W3 处理下的平均花苞数较少,而且达一级(3~5 朵)的比例为 100%,二级、三级占比均为 0,整齐度为 100%,该处理品质显著;W2 处理出现三级(8~10 朵)花苞数,占处理数的 1/6,盆花品质较不理想。在冠幅方面,W1 处理下的平均冠幅最大,W2 处理下的平均冠幅最小。从江苏省一品红地方标准来看,在 W2 处理与 W3 处理下的冠幅均达一级品质的比例为 83.3%,而且 2 个处理三级占比均为 0,均在二级之上,盆花品质较理想。

表 9 不同基质含水量对一品红品质的影响

测定项目	处理	平均值	各级别所占比例(%)			整齐度(%)
			一级	二级	三级	
冠高比	W1	1.45a	100.00	0.00	0.00	100.00
	W2	1.53a	100.00	0.00	0.00	100.00
	W3	1.50a	93.30	6.70	0.00	93.30
损伤叶片数(张)	W1	1.90a	26.67	53.33	20.00	55.33
	W2	1.40b	33.33	50.00	16.67	50.00
	W3	1.30b	33.33	66.67	0.00	66.67
花苞数(朵)	W1	5.33a	33.33	66.67	0.00	66.67
	W2	5.33a	50.00	33.33	16.67	50.00
	W3	4.50b	100.00	0.00	0.00	100.00
冠幅(cm)	W1	31.83a	50.00	50.00	0.00	50.00
	W2	29.67a	83.33	16.67	0.00	83.33
	W3	30.50b	83.33	16.67	0.00	83.33

注:不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。表 10 同。

2.3.2 不同传感器位置处理对一品红品质的影响

表 10 描述的是不同位点间一品红各品质指标的各级别占比情况。在冠高比方面,不同水分传感器位置处理的平均冠高比大多达到了一级标准,差异不明显,95%以上的处理均达一级,说明不同水分传感器位置处理对一品红冠高比的影响不大。在平均损伤叶片数方面,H2 处理下的平均损伤叶片数相对较少,该处理的一级(损伤叶片数为 0 张)占比达到 33.33%,相对较高,三级(损伤叶片数低于 5 张)占比较低,优于另一组处理,说明该处理的盆花品

质较为理想。在花苞数方面,H1 处理下的平均花苞数较多,H2 处理下的平均花苞数较少,而且一级(3~5 朵)的比例高达 66.67%,相对较高,三级占比为 0,整齐度为 66.67%,该处理品质显著。H1 处理下的花苞数出现三级(8~10 朵)比例,盆花品质较不理想。在冠幅方面,H1 处理下的平均冠幅较大,H2 处理下的平均冠幅较小。从江苏省一品红地方标准来看,H2 处理下的盆花品质一级比例是 77.78%,而且三级占比为 0,盆花品质较理想。

表 10 不同传感器位置对一品红品质的影响

测定项目	处理	平均值	各级别所占比例(%)			整齐度(%)
			一级	二级	三级	
冠高比	H1	1.51a	95.56	4.44	0.00	95.56
	H2	1.48a	100.00	0.00	0.00	100.00
损伤叶片数(张)	H1	1.73a	20.00	57.78	22.22	57.78
	H2	1.33b	33.33	55.56	11.11	55.56
花苞数(朵)	H1	5.33a	55.56	33.33	11.11	55.56
	H2	4.78b	66.67	33.33	0.00	66.67
冠幅(cm)	H1	31.33a	66.67	33.33	0.00	66.67
	H2	30.00b	77.78	22.22	0.00	77.78

3 讨论

3.1 不同基质含水量对一品红生长和品质的影响

相关研究表明,水分过高过低都不利于植物生长^[7-9],适当的水分管理显得尤为重要。水分管理系统大多通过灌溉下限^[10-12]、灌溉阈值控制灌溉。孙向丽等认为一品红基质含水量在 59.28%~66.83%时,是适宜一品红生长发育的基质含水量^[4]。本研究通过方差分析方法发现不同基质含水量对一品红生长状况无显著影响,即基质含水量在 55%~70%时,可认为是适宜一品红生长的基质含水量。或许是因为地域、季节、基质等因素造成与前人试验结果略有差异。研究还发现基质含水量显著影响一品红的新增叶长和新增叶展,在这 2 个方面,W3 处理下的新增量总是大于 W1 处理与 W2 处理。间接说明灌溉量的增加促进了叶长、叶展的生长。水分是影响植物生长和品质的重要因素^[13-17]。根据江苏省地方标准,对一品红的品质指标加以研究分析,发现不同基质含水量处理对损伤叶片数、花苞数、冠幅的影响有显著差异,但对冠高比的影响不大,可能与栽培环境、栽培密度等有关。在后续的试验中还应该考虑更多因素,增加不同基质类型、种植密度的研究。

3.2 主成分分析

Hazell 等指出主成分分析是被广泛接受的建模技术之一,并通过该项评估技术探讨了蝴蝶生物多样性指数的设计和实现,效果显著^[18]。对一品红的生长指标进行主成分分析,对于掌握一品红的生长状况具有重要的现实意义。一方面,有利于帮助设施花卉从业者找出一品红关键的生长指标,从而为后续的建模奠定良好的基础;另一方面,有利于找出最佳的处理组合,从而帮助设施花卉从业者更好地进行灌溉策略的制定。本研究基于前人的研究,选取测定了一品红的 7 项生长指标,进而使用 Pearson 相关系数对其进一步筛选。结果发现,7 项指标的相关系数均接近于 1,相关性较强。进一步选取这 7 项指标通过主成分分析(PCA)理论构建一个基于生长指标的综合得分模型。最终发现,通过新增叶长(尤毅等也选用新增叶片长度^[19])、新增叶宽 2 个指标可以反映主体的主要信息,即可以解释一品红生长状况的 92.72%。在贡献率分析基础上,主成分综合模型得分最高的是 W3H2 处理。

主成分分析的结果能为温室花卉的自动化管理提供一定的理论依据,但是由于现实条件的局限性,本研究仅考虑了 7 项生长指标。因此,在未来的研究中,为了全面掌握花卉的生长状况,将更多花卉的生长指标、生理指标纳入也是非常必要的,具体研究结果有待进一步研究。

3.3 不同传感器位置对一品红生长和品质的影响

关于土壤水分异质性的规律,国内外已有较多相关的研究。不同的土壤类型水分运移的规律是不同的^[20-23],并且在不同的地点、土壤深度上表现出很明显的空间异质性^[24-26]。随着社会的发展,无土栽培已作为一门已经发展应用到许多领域的年轻科学,但是基质内水分空间的异质性鲜少报道。郑佳琦认为农业用水一直存在供需矛盾,较多的灌水不仅不利于植株生长,也不利于经济效益^[27]。精准灌溉是解决农业用水日趋矛盾、水资源高效利用的基础,解决水分传感器的埋设位置是实现精准灌溉的关键。因此,本研究中针对目前花卉研究中未考虑栽培基质内水分空间异质性的问题,开展了不同水分传感器位置的试验。

水分传感器位置的确定不仅为节水农业做了良好的铺垫,更为自动化灌溉提供理论支持。合理选择传感器位置的方法有很多种^[28-31]。很早之前,国内外研究就有表明,在滴灌条件下,根据不同作

物的根系特征,传感器垂直埋设位置应为较浅处理的 2 倍^[32-33]。本研究中水分传感器位置因素设置 2 个水平,分别为 H1(距根基 4 cm)、H2(距根基 8 cm)。传感器位置因素对植物生长和品质有影响。王凤姣等研究发现,水分传感器位置因素对籽棉产量的影响具有统计学意义^[34]。曹少娜等研究发现,水分传感器埋设位置对温室基质栽培番茄生长特性有影响^[35]。本研究分析结果与前人研究结果一致,水分传感器位置对一品红生长特性有影响,显著影响其生长和品质。经过 H1 处理与 H2 处理,在新增叶长、新增叶宽、新增叶展、新增冠幅这 4 个方面都有显著差异,H2 处理的增长量均显著大于 H1 处理。这是因为同一基质含水量下,不同位点下的灌溉量不同,H2 处理下的灌溉量更多一些,造成了差异,并且通过对比分析得到 H2 处理下的盆花品质较佳,间接说明一品红喜湿润的特点。研究结果与前人的研究成果相符,即适当地提高灌水量有利于植物的生长^[36-37]和品质^[38-39]。由于一品红生长状况及品质还受生长季节、地区条件等影响,加之感官评价的主观性,故分析结果存在主观性。在今后的研究中,应增加采集样本的范围,加强深入研究,使研究更具有实用性,为灌溉提供更为有效的依据。

4 结论

基质含水量显著影响一品红的新增叶长和新增叶展,并且当基质含水量在 55%~70% 时可认为是适宜一品红生长的基质含水量。新增叶长、新增叶宽 2 个指标可以反映主体的主要信息,可以解释一品红生长状况的 92.72%。在贡献率分析基础上,主成分综合模型得分最高的是 W3H2 处理,即认为水分传感位置为 H2,基质含水量为 W3 的处理结果最优。

参考文献:

- [1] 马福生,刘洪禄,吴文勇,等. 不同灌水下限对设施滴灌无土栽培红掌水分利用和生长的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(8): 65-70.
- [2] 袁小环,武菊英,孙璐,等. 不同灌溉水平下石竹的水分蒸散研究[J]. 北京林业大学学报,2008,30(2): 77-81.
- [3] 徐曼,王亓剑,杨启良,等. 不同灌水和蛭石处理对一品红生长和灌溉水利用效率的影响[J]. 节水灌溉,2016(9): 48-51.
- [4] 孙向丽,张启翔. 温室盆栽一品红水肥耦合效应研究[J]. 北京林业大学学报,2011,33(3): 99-105.
- [5] 孙向丽,张启翔. 水、肥供应对一品红根系形态和生理指标的影

- 响[J]. 东北林业大学学报,2011,39(9):42-44.
- [6]江苏省农业科学院. 一品红盆花分级:DB32/T 3101—2016[S]. 南京:江苏省质量技术监督局,2016.
- [7]姜顺邦,韦小丽. 供水量对花榈木苗期耗水、生长和生理的影响及灌溉制度优化[J]. 林业科学,2016,52(10):22-30.
- [8]全国栋,刘洪禄,吴文勇,等. 不同水分处理对茄子生长与产量品质的影响[J]. 排灌机械工程学报,2013,31(6):540-545.
- [9]邹志荣,李清明,贺忠群. 不同灌溉上限对温室黄瓜结瓜期生长动态、产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(增刊2):77-81.
- [10]李毅杰,原保忠,别之龙,等. 不同土壤水分下限对大棚滴灌甜瓜产量和品质的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(6):132-138.
- [11]裴 芸,别之龙. 塑料大棚中不同灌水量下限对生菜生长和生理特性的影响[J]. 农业工程学报,2008,24(9):207-211.
- [12]申孝军,孙景生,张寄阳,等. 水分调控对麦茬棉产量和水分利用效率的影响[J]. 农业机械学报,2014,45(6):150-160.
- [13]杨小振,张 显,马建祥,等. 滴灌施肥对大棚西瓜生长、产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2014,30(7):109-118.
- [14]孟兆江,段爱旺,王晓森,等. 调亏灌溉对棉花根冠生长关系的影响[J]. 农业机械学报,2016,47(4):99-104.
- [15]刘 浩,孙景生,张寄阳,等. 耕作方式和水分处理对棉花生产及水分利用的影响[J]. 农业工程学报,2011,27(10):164-168.
- [16]邵光成,蓝晶晶,全道斌,等. 灌排方案对避雨番茄需水特性与产量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2013,31(1):75-80.
- [17]刘 杰,陈 思,周振江,等. 不同生育阶段土壤含水率对番茄果实维生素 C 含量的影响[J]. 农业机械学报,2016,47(8):72-80.
- [18]Hazell E C, Rinner C. The impact of spatial scale:exploring urban butterfly abundance and richness patterns using multi-criteria decision analysis and principal component analysis [J]. International Journal of Geographical Information Science,2020,34(8):1648-1681.
- [19]尤 毅,陈和明,刘金梅,等. 不同水溶肥对“翔凤”蝴蝶兰营养生长的影响[J]. 热带农业科学,2018,38(3):28-32.
- [20]张继光,陈洪松,苏以荣,等. 喀斯特山区坡面土壤水分变异特征及其与环境因子的关系[J]. 农业工程学报,2010,26(9):87-93.
- [21]余冬立,邵明安,俞双恩. 黄土区农草混合利用坡面土壤水分空间变异性[J]. 农业机械学报,2010,41(7):57-63.
- [22]罗 勇,陈家宙,林丽蓉,等. 基于土地利用和微地形的红壤丘岗区土壤水分时空变异性[J]. 农业工程学报,2009,25(2):36-41.
- [23]郭欣欣,付 强,卢 贺,等. 东北黑土区农林混合利用坡面土壤水分空间异质性及主控因素[J]. 农业工程学报,2018,34(19):123-130.
- [24]Western A W, Bloschl G. On the spatial scaling of soil moisture [J]. Journal of Hydrology,1999,217(3/4):203-224.
- [25]Brocca L, Tullo T, Melone F, et al. Catchment scale soil moisture spatial-temporal variability[J]. Journal of Hydrology,2012,422-423:63-75.
- [26]Li H D, Shen W H, Zou C X, et al. Spatio-temporal variability of soil moisture and its effect on vegetation in a desertified aeolian riparian ecotone on the Tibetan Plateau, China [J]. Journal of Hydrology,2013,479:215-225.
- [27]郑佳琦. 沙培番茄水分传感器最佳埋设位置及灌溉定额研究[D]. 银川:宁夏大学,2017.
- [28]赵伟霞,李久生,王 珍,等. 滴灌均匀性对土壤水分传感器埋设位置的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(9):123-129.
- [29]李秀梅,赵伟霞,李久生,等. 水分亏缺程度对变量灌溉水分传感器埋设位置预判的影响[J]. 农业工程学报,2018,34(23):94-100.
- [30]王 凡,黄 磊,吴素萍,等. 多路数据采集与处理模型的设计及水分传感器埋设位置优化[J]. 农业工程学报,2015,31(21):148-153.
- [31]赖俊桂,孙道宗,王卫星,等. 基于无线传感器网络的山地柑橘园灌溉控制系统设计与试验[J]. 江苏农业科学,2020,48(7):245-249.
- [32]Haise H R, Hagan R S. Plant and evaporative measurements as criteria for scheduling irrigation [M]. Wis: ASAMadison, 1967:577-604.
- [33]Phene C J, Howell T. Soil sensor control of high-frequency irrigation systems [J]. Transaction of the ASAE,1984,27(2):392-396.
- [34]王凤姣,王振华,李文昊. 水分传感器位置和灌水阈值对棉花生理及产量的影响[J]. 排灌机械工程学报,2018,36(10):958-962.
- [35]曹少娜,李建设,高艳明,等. 水分传感器埋设位置对温室基质栽培番茄生长特性的影响[J]. 浙江农业学报,2017,29(6):933-942.
- [36]焦炳忠,孙兆军,韩 磊,等. 渗灌管埋深与灌溉量对枣树产量和水分利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2020,36(9):94-105.
- [37]赵青松,李萍萍,郑洪倩,等. 灌水量对有机基质栽培黄瓜生长及氮素利用的影响[J]. 农业工程学报,2012,28(12):117-121.
- [38]李建明,樊翔宇,闫芳芳,等. 基于蒸腾模型决策的灌溉量对甜瓜产量及品质的影响[J]. 农业工程学报,2017,33(21):156-162.
- [39]周罕觅,张富仓, Kjelgren R, 等. 水肥耦合对苹果幼树产量、品质和水肥利用的效应[J]. 农业机械学报,2015,46(12):173-183.