

# 小管出流条件下树莓灌溉施肥制度研究

丰 雪, 王 铁 良, 周 罕 琳, 李 波, 王 冬, 闫 晓 惠

(沈阳农业大学 水利学院, 辽宁 沈阳 110866)

**摘 要:**运用 2 因素 5 水平正交组合设计, 研究水分、肥料对树莓生长及产量和品质的影响; 运用主成分分析方法, 综合产量、品质、水分、肥料利用效率, 分析树莓在小管出流条件下的灌溉施肥制度。结果表明: 树莓的最适施肥量为 18.00 kg/667m<sup>2</sup>, 树莓最适宜的土壤含水量下限控制在 33% 以上, 实测灌水量为 298.20 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup> 左右。

**关键词:**树莓; 水肥耦合; 灌溉施肥制度; 主成分分析

**中图分类号:**S 663.207<sup>+</sup>.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2012)21-0158-03

树莓浆果风味独特, 果实营养丰富, 是一个极具市场开发潜力的果树品种。目前对树莓的研究多集中在培育优良品种和加工、改善品质等领域。树莓作为喜水小浆果, 对水分和肥料状况特别敏感, 水分和养分的合理有效供应已成为提高树莓产量、品质很重要的限制因素。吴正超等<sup>[1]</sup>通过“3414”田间试验, 研究了沈阳东陵树莓生产基地不同施肥处理对树莓产量和品质的影响; 李波<sup>[2]</sup>在滑动式防雨棚下的测坑中进行了小管出流条件下土壤水分对树莓生产的影响试验; 赵玲珍<sup>[3]</sup>在传统灌溉模式下采用完全随机区组设计分别研究施肥和土壤含水量对树莓光合作用的影响。目前缺乏水肥耦合效应对树莓生产影响的深入研究。该试验在田间利用防雨棚和测坑设施进行了小管出流灌溉方式下树莓灌溉施肥制度的试验研究, 为拟定科学合理的树莓生产灌溉制度和施肥制度奠定基础。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2010 年在沈阳农业大学水利学院综合试验场遮雨棚内进行, 试验地海拔 44.7 m, 年平均气温 6.2~9.7℃, 全年降水量 600~800 mm。遮雨棚内设测坑, 测坑面积 1.3 m×1.7 m, 为钢筋混凝土结构, 并进行了防渗处理。测坑内土壤为重壤土, 容重为 1.46 g/cm<sup>3</sup>, 田间持水量为 40.36% (体积含水率), 土壤有机质含量

18.5 g/kg, 全氮 2.27 g/kg, 速效磷 93.39 g/kg, 速效钾 291.71 g/kg, pH 6.45。

### 1.2 试验材料

供试树莓品种为 3 a 生“秋福”。

### 1.3 试验方法

试验采用 2 因素正交旋转回归设计, 2 个因素分别为水分和肥料(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 按 1:1:1 的比例配制)。试验因素水平见表 1, 共设 16 个处理(表 2), 小区面积 45.97 m<sup>2</sup>, 重复 3 次。

表 1 树莓决策变量水平设计

试验 因子	设计水平				
	-1.414	-1	0	1	1.414
土壤含水量/%	42~48 Q	48~54 Q	62~68 Q	76~82 Q	82~88 Q
667 m <sup>2</sup> 施肥/kg	0.00	5.27	18.00	30.73	36.00

### 1.4 主要栽培技术

供试树莓于 2010 年 5 月移栽, 11 月剪枝, 2011 年 5 月发新芽。2011 年 5 月上旬开始, 整地时施用有机肥(辽阳产干鸡粪, 养分含量为有机质 25.5%、氮

表 2 试验处理设置及产量结果

序号	设计矩阵		设计方案	
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	土壤含水量下限 控制范围均值	667 m <sup>2</sup> 施肥量 /kg
1	1	1	0.79	30.73
2	1	-1	0.79	5.27
3	-1	1	0.51	30.73
4	-1	-1	0.51	5.278
5	1.414	0	0.85	18
6	-1.414	0	0.45	18
7	0	1.414	0.65	36
8	0	-1.414	0.65	0.00
9	0	0	0.65	18.00
10	0	0	0.65	18.00
11	0	0	0.65	18.00
12	0	0	0.65	18.00
13	0	0	0.65	18.00
14	0	0	0.65	18.00
15	0	0	0.65	18.00
16	0	0	0.65	18.00

**第一作者简介:**丰雪(1972-), 女, 博士, 副教授, 现主要从事数理统计与数据分析等研究工作。

**责任作者:**王铁良(1965-), 男, 博士, 教授, 现主要从事节水灌溉与设施农业研究工作。

**基金项目:**辽宁省科技厅农业攻关重大资助项目(2008212003); 沈阳市科技局农业攻关资助项目(F10-092-3-00)。

**收稿日期:**2012-06-18

1.63%、磷 1.54%、钾 0.85%) 做底肥,施用量为 1 800 kg/hm<sup>2</sup>。5 月 5 日采用相同漫灌的形式、相同的水量浇透各个测坑。其它栽培管理按树莓优质高产栽培管理方法进行。5 月 20 日开始进行水分监测和土壤水分处理,10 月 9 日试验结束。

灌溉方式采用小管出流。用 TRIME-PICO64 时域反射仪(TDR)测试土壤含水率,实时监测各处理土壤含水量的动态变化。根据土壤含水量每 3~6 d 灌溉 1 次,并依据土壤含水量确定每次的灌溉量,其灌溉量通过下式计算而定: $m=(Q-\theta_1) \times s \times h \times 0.9$ 。其中, $\theta$  为测得的土壤含水量, $Q$  为田间持水量,即 40.36%; $s$  为测坑面积,即 2.21 m<sup>2</sup>;  $h$  为计划湿润层厚度,萌芽期取 40 cm,其它生育期为 50 cm。

肥料分 2 次施入:现蕾期-花期施 1 次,坐果期施 1 次,各施一半。将肥料称量之后倒入灌水桶中搅匀,随水流进入树莓植株根部。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同水肥处理对树莓水分和肥料生产效率的影响

由表 3 可知,处理 1、5、3 处理产量较高,处理 4、6 产量最低,水分利用效率处理 4、6 最高,处理 5、2、3 最低,肥料利用效率处理 2、4 最高,处理 7、3 最低,说明提高土壤含水量和施肥量虽然对提高产量有显著的作用,但是过高的土壤含水量和施肥量处理水分利用效率和肥料利用效率不高。由表 3 还可知,适中的土壤含水量和施肥量条件下树莓产量也较高,在生产中追求的是综合效益最高,所以,不可为了提高产量而盲目的增加灌水量和施肥量。

表 3 不同水肥处理的水分利用效率和肥料利用效率

处理	667 m <sup>2</sup> 产量 /kg	667 m <sup>2</sup> 灌水量 /m <sup>3</sup>	667 m <sup>2</sup> 施肥量 /kg	水分生产效率 /kg·m <sup>-3</sup>	肥料生产 效率
1	1 298.22	235.64	30.73	3.868	42.246
2	1 057.24	229.45	5.27	3.209	200.615
3	1 155.05	267.43	30.73	3.144	37.587
4	792.08	104.93	5.27	7.548	150.300
5	1 246.09	298.20	18.00	2.155	69.227
6	850.65	72.49	18.00	11.735	47.258
7	1 142.40	237.55	36.00	4.809	31.733
8	926.07	282.54	0.00	3.278	+∞
9	1 142.40	230.04	18.00	4.966	63.467
10	1 137.91	234.23	18.00	4.858	63.217
11	1 071.28	252.58	18.00	4.241	59.516
12	1 109.16	235.51	18.00	4.710	61.620
13	1 148.65	252.82	18.00	4.543	63.814
14	1 083.60	233.01	18.00	4.651	60.200
15	1 075.25	242.94	18.00	4.426	59.736
16	1 023.69	247.43	18.00	4.675	64.258

注: +∞ 表示无意义。

### 2.2 小管出流条件下树莓的产量、SOD、维生素 C 及糖酸比的综合评价

由表 4 可知,对原始数据进行标准化,得到的标准

化矩阵,求标准化矩阵的相关系数矩阵,见表 5;求相关系数矩阵的特征值和特征向量,并进行单位正交化,见表 6;计算累积贡献率,见表 7。根据求得的累积贡献率或特征值大于 1 的原则,需要提取 2 个主成分,即  $Y_1 = 0.66X_1 + 0.03X_2 + 0.69X_3 + 0.29X_4$ 。  $Y_2 = 0.31X_1 - 0.78X_2 - 0.04X_3 - 0.54X_4$ 。第 1 主成分各指标系数均为正,说明  $Y_1$  是产量和 SOD、维生素 C、糖酸比的综合指标,第 2 主成分  $X_1$  系数为正,其它系数为负,说明  $Y_2$  是产量和 SOD、维生素 C、糖酸比的差异指标。综合第 1、2 主成分基本能反映树莓产量、水肥利用效率及果实品质的情况,并对其按综合主成分值进行排序,即可对各处理树莓产量、SOD、维生素 C、糖酸比状况进行综合评价比较,评价结果见表 8。

表 4 综合评价指标值

处理	667 m <sup>2</sup> 产量/kg X1	SOD/U·g <sup>-1</sup> FW X4	维生素 C/mg·(100g) <sup>-1</sup> FW X5	糖酸比 X6
1	1 298.22	29.651	44.966	9.132
2	1 057.24	38.153	37.635	8.941
3	1 155.05	42.425	43.588	12.319
4	792.08	90.803	30.314	7.204
5	1 246.09	42.054	45.579	6.379
6	850.65	64.217	34.580	10.333
7	1 142.40	98.983	52.995	10.625
8	926.07	32.024	36.178	9.405
9	1 142.40	93.096	41.978	10.901
10	1 137.91	107.229	44.047	9.250
11	1 071.28	63.260	45.103	11.240
12	1 109.16	83.648	44.509	9.428
13	1 148.65	65.855	42.434	9.701
14	1 083.60	85.534	41.290	9.768
15	1 075.25	87.812	41.997	12.187
16	1 023.69	59.451	42.434	10.626

表 5 相关系数矩阵

处理	产量 X1	SOD X4	维生素 C X5	糖酸比 X6
产量(X1)	1.00	-0.17	0.80	0.09
SOD(X4)	-0.17	1.00	0.14	0.15
维生素 C(X5)	0.80	0.14	1.00	0.28
糖酸比(X6)	0.09	0.15	0.28	1.00

表 6 特征值的单位正交化特征向量

处理	e1	e2	e3	e4
产量(X1)	-0.67	0.12	0.31	0.66
SOD(X4)	-0.23	0.58	-0.78	0.03
维生素 C(X5)	0.69	0.18	-0.04	0.69
糖酸比(X6)	-0.11	-0.78	-0.54	0.29

表 7 主成分提取

主成分因子	特征值(λ)	贡献率/%	累计贡献率/%
1	1.88	47	47
2	1.18	29	76
3	0.81	20	97
4	0.13	3	100

表 8 综合评价结果

	Y1(产量、品质综合指标)	Y2(产量、品质差异指标)
1	1.89	1.28
2	1.18	-0.91
3	0.08	0.99
4	-0.43	-3.46
5	2.33	0.61
6	-0.57	-2.05
7	-1.17	1.94
8	0.90	-1.68
9	-1.01	0.52
10	-0.90	0.48
11	-0.40	0.61
12	-0.31	0.41
13	0.25	0.36
14	-0.53	-0.08
15	-1.45	0.42
16	0.15	0.56

从第 1 主成分可知,处理 5 综合得分最高,说明高水平的灌水量和中等水平的施肥量条件下树莓的产量较高,品质较优;从第 2 主成分可知,处理 4 绝对值最大且为负值,说明较低水平的灌水量和施肥量条件下树莓的品质较优,产量较低。从分析结果可以看出,处理 1 产量、品质综合指标较高,但是差异指标也较高;处理 14 产量、品质差异指标较低,但是综合指标也较低。所以,在生产中不可为了单独追求产量而忽视果实品质,或者只单独追求品质最优。综合考虑产量和品质指标,建议处理 5 为最优处理,即高水平的灌水量和中等水平的施肥量对树莓的高产、优质较好。由此得出树莓在小管出流条件下土壤含水量控制范围在 33%,实测灌水量为 298.20 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup>左右,施肥量为 18.00 kg/667m<sup>2</sup>,按供试肥料为尿素(纯 N 46%)、硫酸钾(K<sub>2</sub>O 50%)、过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 18%)折算,施入肥料:尿素 11.96 kg/667m<sup>2</sup>,硫酸钾 11.00 kg/667m<sup>2</sup>,过磷酸钙 30.57 kg/667m<sup>2</sup>。

### 3 结论

由试验可知,较高水平的灌水量和较高水平的施肥量有利于树莓高产,较低水平的灌水量和施肥量有利于提高树莓品质,综合分析产量和品质,高水平的灌水量

和中等水平的施肥量对树莓高产优质比较好。由此得出,小管出流条件下树莓的最优灌溉施肥制度:灌溉定额为 298.20 mm。树莓整个生育期灌水次数为 10~12 次,灌水定额 20~30 mm。施肥定额:18.00 kg/667m<sup>2</sup>(其中尿素 11.96 kg/667m<sup>2</sup>,硫酸钾 11.00 kg/667m<sup>2</sup>,过磷酸钙 30.57 kg/667m<sup>2</sup>),分 2 次施入,现蕾期-花期施一半,坐果期施一半。

### 参考文献

- [1] 吴正超,刘小虎,韩晓日,等. 不同施肥处理对树莓果实产量和品质的影响[J]. 北方园艺,2010(12):9-12.
- [2] 李波. 小管出流条件下土壤水分对树莓果实品质的影响[J]. 北方园艺,2011(14):13-16.
- [3] 赵玲珍. 水肥对树莓和黑莓光合作用影响的研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [4] 杜太生,康绍忠,夏桂敏. 滴灌条件下不同根区交替湿润对葡萄生长和水分利用的影响[J]. 农业工程学报,2005,21(11):51-56.
- [5] 沈荣开,王康. 水肥耦合条件下作物产量、水分利用和根系吸氮的试验研究[J]. 农业工程学报,2001,17(5):40-43.
- [6] 朱德兰,王文娥,楚杰. 黄土高原丘陵区红富士苹果水肥耦合效应研究[J]. 干旱地区农业研究,2004,22(1):152-155.
- [7] 姚静,邹志荣,杨猛,等. 日光温室水肥耦合对甜瓜产量影响研究初探[J]. 西北植物学报,2004,24(5):890-894.
- [8] 冯耀祖. 滴灌施肥条件下全球红葡萄水肥耦合效应研究[D]. 北京:中国农业大学,2006.
- [9] 张立新. 旱地红富士水肥管理模式研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2003.
- [10] 尹光华,刘作新,陈温福,等. 水肥耦合条件下春小麦叶片的光合作用[J]. 兰州大学学报(自然科学版),2006,35(2):118-121.
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,1999:183-200.
- [12] 谢中华. MATLAB 统计分析与应用:40 个案例分析[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2010.
- [13] 孙霞,柴仲平,蒋平安. 水肥耦合在我国果树上的应用现状及展望[J]. 现代园艺,2010(5):24-26.
- [14] 张东昱,陈修斌,张文斌,等. 荒漠化地区温室黄瓜水肥耦合效应量化指标研究[J]. 土壤通报,2010,41(2):101-104.

## Study on Irrigation and Fertilization System of Raspberry Under the Condition of Small Tube Flow

FENG Xue, WANG Tie-liang, ZHOU Han-lin, LI Bo, WANG Dong, YAN Xiao-hui

(College of Water Conservancy, Shenyang Agricultural University, Shenyang, Liaoning 110866)

**Abstract:** The influence of different water and fertilizer coupling on the growth, the yield and the fruit quality of the raspberry was studied by using quadratic regression orthogonal combination design. The irrigation and fertilization system under the condition of small tube flow was obtained by using principal component analysis and considering the yield, the quality, the water, and the utilization ratio of the fertilizer. The results showed that the optimal fertilizer rate of raspberry was 18.00 kg/667m<sup>2</sup>, the optimal lower control limit of the soil water content was 33% and the actual irrigation quantity was 298.20 m<sup>3</sup>/667m<sup>2</sup>.

**Key words:** raspberry; water and fertilizer coupling; irrigation and fertilization system; principal component analysis