

Effects of Different Matrix Formulations of EC and PH on Blueberry Growth

Guimei Tang¹, Qingfeng Li^{1*}, Li Zhang¹, Yang Liu¹, Zhilong Yi¹, Heying Zhu², Juan Liu¹

¹Hunan Horticultural Research Institute, Changsha Hunan

²Hunan Xingcheng Mingyue Ecological Agriculture Technology Development Co., Ltd., Changsha Hunan

Email: *lqf16888@126.com

Received: Sep. 23rd, 2019; accepted: Oct. 8th, 2019; published: Oct. 15th, 2019

Abstract

The effects of EC and PH on the growth and development of blueberry were studied in order to develop a more fertilizer-saving and efficient matrix nutrition formula. The growth of Blueberry was analyzed with the index of leaf number of single plant, the main influencing factors were seedling height and new shoot number, the main factor of seedling height was stem coarse, and the main influencing factor of new shoot number was branch number and new shoot length. The effects of EC and PH on blueberry growth were studied: PH had a very significant effect on blueberry Survival, EC had a wide influence on blueberry growth, EC increased 1 ms/cm, the number of blueberry blades decreased by 0.803 tablets, leaf length was reduced by 0.742 cm, leaves broadly reduced by 0.770 cm, and the number of new shoots was reduced by 0.546. The new shoot length reduced 0.573 cm, the stem coarse reduced 0.571 mm. Regression analysis showed that the optimal PH value affecting the number of leaves per plant was 5.4, the average EC value for blueberry growth was 0.97 ms/cm, and the optimal PH value for survival rate was 6.3.

Keywords

Waste, Blueberry, Matrix, EC and PH

不同配方EC与PH对蓝莓生长的影响

唐桂梅¹, 李青峰^{1*}, 张 力¹, 刘 洋¹, 易志龙¹, 朱和英², 刘 娟¹

¹湖南省园艺研究所, 湖南 长沙

²湖南省星城明月生态农业科技发展有限公司, 湖南 长沙

Email: *lqf16888@126.com

*通讯作者。

文章引用: 唐桂梅, 李青峰, 张力, 刘洋, 易志龙, 朱和英, 刘娟. 不同配方 EC 与 PH 对蓝莓生长的影响[J]. 农业科学, 2019, 9(10): 836-845. DOI: 10.12677/hjas.2019.910119

收稿日期：2019年9月23日；录用日期：2019年10月8日；发布日期：2019年10月15日

摘要

采用废弃物育苗基质进行蓝莓栽培试验，研究不同基质配方EC与PH对蓝莓生长发育性状的影响，以研发出更加节肥、高效的基质营养配方。以单株叶片数 Y_1 数为指标分析蓝莓生长，主要影响因子为苗高 Y_2 与新梢数 Y_6 ，苗高 Y_2 的主要影响因子为茎粗 Y_8 ，新梢数 Y_6 的主要影响因子为分枝数 Y_5 和新梢长 Y_7 。研究了EC与PH对蓝莓生长的影响：PH对蓝莓成活率 Y_9 有极显著影响，EC对蓝莓生长的影响很广，EC增加1 ms/cm，蓝莓叶片数减少0.803片，叶长 Y_3 减少0.742 cm，叶宽减少0.770 cm，新梢数 Y_6 减少0.546个，新梢长 Y_7 减少0.573 cm，茎粗 Y_8 减少0.571 mm。回归分析表明，影响单株叶片数 Y_1 数的最佳PH值为5.4，适合蓝莓生长的平均EC值为0.97 ms/cm，影响成活率 Y_9 的最佳PH值为6.3。

关键词

废弃物，蓝莓，基质，EC与PH

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

蓝莓(*Vaccinium ashei*)是杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium*)植物，又称越桔、蓝浆果，为多年生落叶或常绿灌木或小灌木[1]。蓝莓是近年来风靡全球的高档水果，营养价值和经济价值非常高，具有“浆果之王”的美誉，其果实含有糖、酸、维生素、花青苷、蛋白质等物质，且富含钾、铁、锌、锰等微量元素，具有防止脑神经衰老、增强心脏功能、明目及抗癌等独特功效[2]。近年来，蓝莓产品的市场需求和消耗量迅速增大，并被联合国粮农组织推荐为人类最健康的五大水果之一[3]。

栽培基质的选择是蓝莓产业化发展的重要一环[4] [5] [6]，选择一种生态、环保、廉价的栽培基质是蓝莓营养系统研究的一个重要方面[7] [8] [9] [10]。本研究以蓝莓品种红粉佳人为试材，以珍珠岩、菌渣、谷壳、松树皮等废弃物作为育苗基质，设计按一定比例混合的不同基质配方栽培试验，开展对蓝莓废弃物栽培基质的营养特性以及不同基质配方 EC 与 PH 对蓝莓生长发育性状的影响研究，旨在筛选出更加节肥、高效的基质营养配方，为蓝莓产业化生产栽培提供技术依据。

2. 材料与方法

2.1. 试验材料

基质配方见表 1。

育苗基质：自配，由珍珠岩、菌渣、谷壳等废弃物组成。

松树皮：来自湖南省张家界市。

生物有机肥：湖南浩博生物科技有限公司生产。

牛粪：来自湖南省畜牧兽医研究所。

试验容器：为防止水肥流失，试验采用作者发明的六边形第二代黄金水位栽培容器进行(专利授权号：

ZL201420541865.4), 其主要特征是以黄金水位栽培理论为指导[11], 将试验容器植物的灌排水孔设计在花盆高度从上往下的 0.618 位置, 并在该平面位置设置打孔隔板。

Table 1. Nutrient composition of matrix and fertilizer

表 1. 基质与肥料营养成分表

基质	总氮(%)	总磷(%)	总钾(%)	总养分(%)	PH	水分(%)	钙(%)	镁(%)	硫(%)	铁(%)
育苗基质	0.84	0.25	1.18	2.27	5.74	26.86	0.40	0.32	0.20	2.19
松树皮	0.42	0.01	0.63	1.06	6.47	50.49	0.93	0.23	0.08	0.84
生物肥	2.08	2.32	2.63	7.03	6.80	2.15	12.14	1.12	1.07	0.98
牛粪	1.29	1.24	1.92	4.45	7.60	33.85	1.26	0.63	0.28	0.19

2.2. 试验方法

处理 1~5 由育苗基质、牛粪和生物有机肥组成, 重复 9~10 次, 处理 6~20 由松树皮、牛粪和生物有机肥组成, 重复 3~4 次(表 2)。蓝莓移植前牛粪和生物有机肥放入花盆隔板上, 育苗基质和松树皮放入牛粪和生物有机肥上面。2018 年 1 月 24 日, 试验在湖南省园艺研究所大棚中进行。大棚由保温系统、内外遮荫网和水帘降温系统组成, 最低温度 5℃~10℃, 最高温度 30℃~35℃, 湿度 60%~80%。2018 年 9 月 5 日测量植株, 所有样品检测化验由湖南省土壤肥料研究所根据相关项目国家标准进行。用意大利 HANNAHI99121 便携式土壤酸度计测试基质 PH 值。用便携式 EC 测定计直接测试基质下部储水层溶液 EC 和 PPM 值。

试验数据根据徐向宏何明珠主编《试验设计与 Design Expert Spss 应用》[12]和张琪等“通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现[13]”一文中介绍的方法采用 SPSS15.0 软件和 Excel 进行。

Table 2. Nutrition information of different formulas

表 2. 不同配方营养成分表

配方号	基质	生物肥(kg/盆)	牛粪(kg/盆)	EC (μs/cm)	PPM	成活率 Y ₉ (%)	PH
1	配方基质	0.00	0.00	993.89	515.11	100.00	5.70
2	配方基质	0.50	0.00	3351.25	1692.25	100.00	5.33
3	配方基质	1.00	0.00	4479.11	2220.00	77.78	4.76
4	配方基质	1.50	0.00	7953.00	3902.00	0.00	4.68
5	配方基质	2.00	0.00	8574.00	4271.00	0.00	4.74
6	松树皮	0.00	0.00	678.67	342.67	100.00	5.88
7	松树皮	0.50	0.00	1802.00	944.75	100.00	5.80
8	松树皮	1.00	0.00	227.67	109.33	100.00	5.92
9	松树皮	1.50	0.00	987.33	482.67	100.00	5.91
10	松树皮	2.00	0.00	752.50	434.00	100.00	5.95
11	松树皮	0.00	1.00	646.67	321.00	100.00	6.03
12	松树皮	0.50	1.00	9576.67	4733.33	66.67	5.67
13	松树皮	1.00	1.00	3223.00	1609.50	75.00	5.90
14	松树皮	1.50	1.00	1981.00	975.00	100.00	5.81
15	松树皮	2.00	1.00	6160.00	3093.33	66.67	5.53

Continued

16	松树皮	0.00	0.50	4302.00	2147.75	75.00	5.99
17	松树皮	0.50	0.50	4880.00	2526.67	0.00	5.80
18	松树皮	1.00	0.50	1609.67	803.67	100.00	6.03
19	松树皮	1.50	0.50	5319.25	2615.25	100.00	6.36
20	松树皮	2.00	0.50	3490.67	1731.33	100.00	6.10

3. 结果与分析

3.1. 蓝莓废弃物栽培基质配方实验方差分析

试验结果方差分析(表 3)表明: 不同配方间单株叶片数 Y_1 、苗高 Y_2 、叶长 Y_3 、叶宽 Y_4 、分枝数 Y_5 、新梢数 Y_6 、新梢长 Y_7 、茎粗 Y_8 、成活率 Y_9 间有极显著差异。不同配方生长指标多重比较表明: 综合指标单株叶片数 Y_1 、苗高 Y_2 、叶长 Y_3 、叶宽 Y_4 、新梢数 Y_6 及茎粗 Y_8 以配方 1、配方 2、配方 14 和配方 20 表现较好, 特别是配方 2、配方 14 分枝数 Y_5 和新梢数 Y_6 较多。配方 4、配方 5 分枝数 Y_5 和新梢数 Y_6 为 0, 成活率 Y_9 为 0, 配方 3、配方 12、配方 13、配方 15、配方 16、配方 17 成活率 Y_9 也较低, 表现较差。

Table 3. Multiple comparison table of growth indicators of different formulas

表 3. 不同配方生长指标多重比较表

配方	单株叶片数 Y_1	苗高 Y_2	叶长 Y_3	叶宽 Y_4	分枝数 Y_5	新梢数 Y_6	新梢长 Y_7	茎粗 Y_8
1	333.89Aa	111.50Aa	7.16Aab	3.09Aa	6.17ABCDabcd	24.00ABa	30.83ABab	0.71ABa
2	276.67ABa	106.17Aa	7.66Aa	2.96Aab	7.89ABab	24.56ABa	22.39ABCDabcd	0.74Aa
3	115.89CDbcd	73.61Bb	4.94Ab	1.89ABb	6.33ABCDabc	17.22ABCDabc	20.33ABCDabcde	0.55ABCb
4	0.00De	40.44Bd	0.00Ac	0.00Cc	1.67DEef	0.00Fe	0.00Df	0.19DEde
5	0.00De	5.60Ce	0.00Ac	0.00Cc	0.80Ef	0.00Fe	0.00Df	0.07Ee
6	123.33CDbcd	55.67Bbcd	6.80Aab	2.77Aab	3.67BCDEcdef	14.33ABCDEFabcd	26.67ABCabc	0.53ABCb
7	132.50CDbc	71.00Bbc	6.33Aab	2.50Aab	6.00ABCDabcd	15.50ABCDEFabc	35.88Aab	0.48BCbc
8	153.00BCbc	52.33Bbcd	6.00Aab	2.37Aab	3.00BCDEcdef	21.00ABCa	34.50Aab	0.51BCbc
9	104.33CDbcde	55.17Bbcd	6.23Aab	2.57Aab	7.67ABab	17.67ABCDEab	35.00Aab	0.36CDbc
10	95.00CDbcde	59.00Cbcd	5.03Ab	1.88AB	6.25ABCDabc	15.50ABCDEFabc	19.38ABCDbcde	0.50BCbc
11	164.67BCb	55.00Bbcd	6.00Aab	2.70Aab	6.67ABCabc	19.67ABCab	26.50ABCabc	0.47BCbc
12	4.00De	45.67Bcd	1.83Bc	0.47Cc	3.33BCDEcdef	8.67BCDEFbcde	17.00ABCDbcdef	0.40CDbc
13	24.75de	47.00Bbcd	1.68Bc	0.80BCc	2.50CDEdef	5.50CDEFcde	6.63BCDdef	0.43CDbc
14	116.67bcd	54.50Bbcd	6.20Aab	2.87Aab	5.33ABCDEbcd	25.67Aa	27.33ABCab	0.43CDc
15	1.33De	41.00Bd	0.83Bc	0.17Cc	6.33ABCDabc	1.33EFe	3.00CDef	0.33CDcd
16	4.75De	57.50Bbcd	1.13Bc	0.48Cc	4.25BCDEbcdef	3.50DEFde	7.75BCDcdef	0.42CDbc
17	105.67CDbcde	57.67Bbcd	5.23Ab	1.90ABb	6.67ABCabc	22.67ABa	28.00ABCab	0.42CDbc
18	150.67BCbc	67.33Bbcd	6.00Aab	2.87Aab	4.67ABCDEbcde	15.67ABCDEabc	40.00Aa	0.45Cbc
19	49.25CDcde	63.88Bbcd	5.55Aab	2.25Aab	3.00BCDEcdef	17.25ABCDabc	25.38ABCabcd	0.46Cbc
20	107.00CDbcde	63.00Bbcd	5.37Aab	2.30Aab	9.33Aa	26.33Aa	26.00ABCabc	0.43CDbc

注: 表中有相同字母的数据之间没有显著差异, 不同大写字母之间表示有极显著差异, 不同小写字母之间表示有显著差异。

3.2. 蓝莓生长性状对成活率 Y_9 的影响

由表 4 通径分析可以看出: 以蓝莓质量性状苗高 Y_2 、叶长 Y_3 、叶宽 Y_4 、新梢长 Y_7 、茎粗 Y_8 为因素

分析蓝莓红粉佳人成活率 Y_9 的主要影响因子, 苗高 Y_2 、叶长 Y_3 、叶宽 Y_4 、新梢长 Y_7 、茎粗 Y_8 对成活率 Y_9 没有显著通径关系。

Table 4. Effects of quality traits on survival rate of blueberry ($R^2 = 0.538^{**}$)

表 4. 质量性状对蓝莓成活率 Y_9 的影响($R^2 = 0.538^{**}$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	16.310	7.586		2.150	0.034
苗高 Y_2	1.938E-02	0.199	0.014	0.098	0.922
叶长 Y_3	4.495	4.926	0.303	0.913	0.364
新梢长 Y_7	0.264	0.315	0.094	0.838	0.404
茎粗 Y_8	37.111	30.685	0.178	1.209	0.230
叶宽 Y_4	7.385	10.983	0.211	0.672	0.503

Table 5. Effects of quantitative traits on survival rate of blueberry ($R^2 = 0.389^{**}$)

表 5. 数量性状对蓝莓成活率 Y_9 的影响($R^2 = 0.389^{**}$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	33.642	6.919		4.863	0.000
单株叶片数 Y_1	4.423E-02	0.044	0.118	1.004	0.318
分枝数 Y_5	1.165	1.671	0.079	0.697	0.488
新梢数 Y_6	1.902	0.567	0.475	3.355	0.001

但是, 以单株叶片数 Y_1 数、分枝数 Y_5 、新梢数 Y_6 为因素分析蓝莓红粉佳人成活率 Y_9 的主要影响因子进行通径分析(表 5), 结果表明: 新梢数 Y_6 与成活率 Y_9 有极显著通径关系。新梢数 Y_6 增加 1 个, 成活率 Y_9 增加 0.475%。所以我们在选择蓝莓苗时, 应该以新梢数 Y_6 多少为指标选择苗木, 而不是以苗高 Y_2 为指标选择, 因为新梢数 Y_6 多少间接反映了根系发根能力的强弱。

3.3. 废弃物栽培蓝莓单株叶片数 Y_1 数的系统通径分析

由表 6 通径分析可以看出: 以叶片数为指标分析蓝莓红粉佳人生长, 直接主要影响因子为苗高 Y_2 与新梢数 Y_6 , 苗高 Y_2 的主要影响因子为茎粗 Y_8 , 新梢数 Y_6 的主要影响因子为分枝数 Y_5 和新梢长 Y_7 。

Table 6. Systematic path analysis of the number of blueberry leaves ($R^2 = 0.0.742^{**}$)

表 6. 单株叶片数 Y_1 的系统通径分析($R^2 = 0.0.742^{**}$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-68.132	16.408		-4.152	0.000
苗高 Y_2	1.970	0.404	0.524	4.878	0.000
叶长 Y_3	-14.982	10.205	-0.379	-1.468	0.146
叶宽 Y_4	36.121	22.365	0.386	1.615	0.110

Continued

分枝数 Y_5	-3.826	3.070	-0.098	-1.246	0.216
新梢数 Y_6	4.024	1.221	0.376	3.296	0.001
新梢长 Y_7	0.792	0.684	0.106	1.157	0.250
茎粗 Y_8	76.128	63.507	0.137	1.199	0.234
成活率 Y_9	-0.347	0.214	-0.130	-1.617	0.109

3.4. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓成活率 Y_9 的影响

由表 7 通径分析可以看出：本试验 PH 与成活率 Y_9 呈极显著通径关系。PH 增加 1 单位，成活率 Y_9 增加 0.481%。

成活率 Y_9 与 PH 回归分析表明，成活率 Y_9 与 PH 有极显著回归关系，有如下回归方程：

$$Y = -181.97 + 45.973X$$

将成活率 Y_9 100%代入式中，得到 $X = 6.13$ 。

成活率 Y_9 与 EC 回归分析表明：成活率 Y_9 与 EC 有极显著回归关系，有如下回归方程：

$$\text{成活率 } Y_9 = 109.290 - 12.233X + 0.3321X^2$$

将成活率 Y_9 100%代入式中，解一元二次方程： $109.290 - 12.233X + 0.3321X^2$ 分别得到 $X = 0.0407$ ms 和 1.8912 ms，分别为蓝莓生长最低起点 EC 值和最高 EC 值。它们的平均值 0.9660 ms 则是蓝莓生长的平均 EC 值。

Table 7. Effects of EC and PH on survival rate of blueberry ($R^2 = 0.553^{**}$)

表 7. EC 与 PH 对蓝莓成活率 Y_9 的影响($R^2 = 0.553^{**}$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-15.322	57.821		-0.265	0.792
EC	-1.119E-02	0.013	-1.019	-0.847	0.399
PPM	1.213E-02	0.027	0.550	0.458	0.648
花盆底 PH	37.999	9.525	0.481	3.990	0.000
基质 PH	-16.703	13.776	-0.134	-1.212	0.229

3.5. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓叶片数的影响

由表 8 通径分析可以看出：本试验基质 PH 与蓝莓叶片数有负的极显著通径关系。EC 与蓝莓叶片数也有负的极显著通径关系，基质 PH 增加 1 单位，蓝莓叶片数减少 0.323 片。EC 增加 1 ms/cm，蓝莓叶片数减少 0.880 片。盆底 PH 与蓝莓叶片数有正的极显著通径关系。盆底 PH 增加 1 单位，蓝莓叶片数增加 0.752 片。

Table 8. Effects of EC and PH on the number of blueberry leaves ($R^2 = 0.520^{**}$)

表 8. EC 与 PH 对蓝莓蓝莓叶片数的影响($R^2 = 0.520^{**}$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		

Continued

(Constant)	1075.355	158.739		6.774	0.000
EC	-9.464E-03	0.002	-0.323	-3.857	0.000
基质 PH	-293.480	37.771	-0.880	-7.770	0.000
盆底 PH	158.563	26.164	0.752	6.060	0.000

3.6. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓苗高 Y_2 的影响

由表 9 通径分析可以看出：本试验盆底 PH 与苗高 Y_2 无显著通径关系。苗高 Y_2 与 EC 有极显著负的通径关系。

苗高 Y_2 与 EC 回归分析表明，苗高 Y_2 与 EC 有显著回归关系，有如下回归方程：

$$\text{苗高 } Y_2 = 62.1231 + 4.1053X - 0.8682X^2$$

求极值， $X = 2.3643 \text{ ms/cm}$ 。

Table 9. Effects of EC and PH on seedling height of blueberry ($R^2 = 0.148$)

表 9. EC 与 PH 对蓝莓苗高 Y_2 的影响($R^2 = 0.148$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	26.394	35.655		0.740	0.461
盆底 PH	7.984	6.128	0.143	1.303	0.196
EC 值	-2.304	0.851	-0.296	-2.707	0.008

3.7. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓叶长 Y_3 的影响

由表 10 通径分析可以看出：本试验盆底 PH 与蓝莓叶长 Y_3 有显著通径关系。EC 与蓝莓叶长 Y_3 有负的极显著通径关系，EC 增加 1ms/cm，蓝莓叶长 Y_3 减少 0.742 cm。

Table 10. Influence of EC and PH on leaf length of blueberry ($R^2=0.406$)

表 10. EC 与 PH 对蓝莓叶长 Y_3 的影响($R^2=0.406$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-0.960	2.811		-0.341	0.734
盆底 PH	1.209	0.483	0.229	2.502	0.014
EC 值	-0.364	0.067	-0.496	-5.424	0.000

蓝莓叶长 Y_3 与 EC 回归分析表明，蓝莓叶长 Y_3 与 EC 有显著回归关系，有如下回归方程：

$$\text{苗高 } Y_2 = 5.6163 + 1.0609X - 0.4606X^2$$

求极值， $X = 0.1152 \text{ ms/cm}$ 。

3.8. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓叶宽 Y_4 的影响

由表 11 通径分析可以看出：本试验盆底 PH 与蓝莓叶宽 Y_4 有显著通径关系。EC 与蓝莓叶宽 Y_4 有负的极显著通径关系，EC 增加 1 ms/cm，蓝莓叶宽 Y_4 减少 0.770 cm。

蓝莓叶宽 Y_4 与 EC 回归分析表明, 蓝莓叶宽 Y_4 与 EC 有显著回归关系, 有如下回归方程:

$$\text{叶宽 } Y_4 = 2.3082 + 0.5203X - 0.2183X^2 + 0.0149X^3$$

$$\text{求导: } Y' = 0.5203 - 0.4366X + 0.0447X^2$$

解方程: $X = 0.4150$ 和 9.3523 。

Table 11. Effects of EC and PH on leaf width of blueberry ($R^2 = 0.395$)

表 11. EC 与 PH 对蓝莓叶宽 Y_4 的影响($R^2 = 0.395$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-0.672	1.202		-0.559	0.578
盆底 PH	0.543	0.207	0.242	2.628	0.010
EC 值	-0.148	0.029	-0.476	-5.167	0.000

3.9. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓分枝数 Y_5 的影响

由表 12 通径分析可以看出: 本试验 EC、PH 与蓝莓分枝数 Y_5 均无显著通径关系。

蓝莓分枝数 Y_5 与 EC 回归分析表明, 蓝莓分枝数 Y_5 与 EC 有显著回归关系, 有如下回归方程:

$$\text{分枝数 } Y_5 = 5.0190 + 0.6209X - 0.1062X^2$$

求极值, $X = 2.9233$ 。

Table 12. Effects of EC and PH on branch number of blueberry ($R^2 = 0.127$)

表 12. EC 与 PH 对蓝莓分枝数 Y_5 的影响($R^2 = 0.127$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-0.514	3.465		-0.148	0.882
盆底 PH	1.087	0.596	0.202	1.824	0.071
EC 值	-0.159	0.083	-0.213	-1.923	0.058

3.10. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓新梢数 Y_6 的影响

由表 13 通径分析可以看出: 本试验 PH 与蓝莓新梢数 Y_6 有显著通径关系。EC 值与蓝莓新梢数 Y_6 有极显著通径关系。EC 值增加 1 ms/cm, 新梢数 Y_6 减少 0.430 个。

Table 13. Effects of EC and PH on the number of new shoots of blueberry ($R^2 = 0.326$)

表 13. EC 与 PH 对蓝莓新梢数 Y_6 的影响($R^2 = 0.326$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-5.554	11.199		-0.496	0.621
盆底 PH	4.423	1.925	0.224	2.298	0.024
EC 值	-1.182	0.267	-0.430	-4.419	0.000

3.11. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓新梢长 Y_7 的影响

由表 14 通径分析可以看出：本试验盆底 PH 与蓝莓新梢长 Y_7 有极显著通路关系。EC 值与蓝莓新梢长 Y_7 有显著通路关系。EC 值增加 1 ms/cm，新梢长 Y_7 减少 0.573 cm。

蓝莓新梢长 Y_7 与 EC 回归分析表明，蓝莓新梢长 Y_7 与 EC 有极显著回归关系，有如下回归方程：

$$\text{新梢长 } Y_7 = -263.44 + 89.8609X - 6.9466X^2$$

求极值， $X = 6.4686$ ms/cm。

Table 14. Effects of EC and PH on new shoot length of blueberry ($R^2 = 0.363$)

表 14. EC 与 PH 对蓝莓新梢长 Y_7 的影响($R^2 = 0.363$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	-23.795	15.549		-1.530	0.129
盆底 PH	8.911	2.672	0.315	3.334	0.001
EC 值	-1.512	0.371	-0.385	-4.073	0.000

3.12. 废弃物栽培基质 EC 与 PH 对蓝莓茎粗 Y_8 的影响

由表 15 通径分析可以看出：本试验 PH 与蓝莓茎粗 Y_8 有显著通路关系。EC 值与蓝莓茎粗 Y_8 有极显著通路关系。EC 值增加 1 ms/cm，茎粗 Y_8 减少 0.294 mm。

蓝莓茎粗 Y_8 与 EC 回归分析表明，蓝莓茎粗 Y_8 与 EC 有极显著回归关系，有如下回归方程：

$$\text{新梢长 } Y_7 = 0.5093 + 0.0022X - 0.0036X^2$$

求极值， $X = 0.3056$ ms/cm。

Table 15. Effects of EC and PH on stem diameter of blueberry ($R^2 = 0.202$)

表 15. EC 与 PH 对蓝莓茎粗 Y_8 的影响($R^2 = 0.202$)

Variables	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
(Constant)	2.821E	0.233		0.121	0.904
盆底 PH	2.821E	0.040	0.228	2.156	0.034
EC 值	8.638E	0.006	-0.294	-2.775	0.007

4. 小结

4.1. 以新梢数 Y_6 多少为指标选择苗木

以单株叶片数 Y_1 数为指标分析蓝莓生长，主要影响因子为苗高 Y_2 与新梢数 Y_6 ，苗高 Y_2 的主要影响因子为茎粗 Y_8 ，新梢数 Y_6 的主要影响因子为分枝数 Y_5 和新梢长 Y_7 。因此，选择蓝莓苗时，应该以新梢数 Y_6 多少为指标选择苗木，而不是以苗高 Y_2 为指标选择，因为新梢数 Y_6 多少间接反映了根系发根能力的强弱。

4.2. EC 和 PH 对蓝莓生长发育有极显著影响

EC 对蓝莓生长的影响很广，EC 增加 1 ms/cm，蓝莓叶片数减少 0.803 片，叶长 Y_3 减少 0.742 cm，

叶宽 Y_4 减少 0.770 cm, 新梢数 Y_6 减少 0.546 个, 新梢长 Y_7 减少 0.573 cm, 茎粗 Y_8 减少 0.571 mm。成活率 Y_9 与 EC 的回归分析表明: 蓝莓生长的平均 EC 值为 0.97 ms/cm。影响单株叶片数 Y_1 的最佳 PH 值为 5.4, 成活率 Y_9 与 PH 回归分析表明, 成活率 Y_9 最佳 PH 为 6.3。

基金项目

2017LM03-10 湖南农业科技创新资金创新联盟项目: 农业废弃物资源利用研究与示范; 2018 湖南省农业委一化四体系三产联合项目: 高档小水果蓝莓新品种引进与示范。

参考文献

- [1] 李亚东, 张志东, 吴林. 蓝莓果实的成分及保健机能[J]. 中国食物与营养, 2002(1): 27-28.
- [2] 王艳, 王莹, 刘兵. 蓝莓的生理生态学研究进展[J]. 吉林师范大学学报(自然科学版), 2015(2): 122-124.
- [3] 孙志健, 张燕, 陈芳, 等. 对蓝莓产业化发展的思考[J]. 食品工业科技, 2005, 26(12): 183-184.
- [4] 尤毅, 刘金梅, 邱笏阳. 不同配方栽培基质对盆栽蓝莓生长的影响[J]. 广东农业科学, 2018, 45(12): 44-49.
- [5] 张妍妍, 曹焱. 野生蓝莓工厂化育苗配套技术优化试验[J]. 农业工程, 2015, 5(4): 150-151.
- [6] 王林, 潘健, 万志兵. 蓝莓栽培基质和专用营养基质的研制[J]. 黄山学院学报, 2011, 13(5): 60-62.
- [7] 朱元宏, 赵子刚, 姚洁. 不同农业废弃物在蓝莓有机盆栽中的应用研究[J]. 上海农业科技, 2015(3): 83-84.
- [8] 李志友. 生物有机肥对蓝莓根区土壤养分及微生物学特性的影响[J]. 水土保持研究, 2017, 24(2): 36-42.
- [9] Krewer, G., Ruter, J., Nesmith, S., *et al.* (2000) Performance of Low Cost Organic Materials as Blueberry Substrates and Soil Amendments. *Acta Horticulturae*, **574**, 273-279. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.574.41>
- [10] Xie, Z.S., Wu, X.C., Hummer, K.E., *et al.* (2009) Studies on Substrates for Blueberry Cultivation. *Acta Horticulturae*, **810**, 513-520. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2009.810.68>
- [11] 李青峰, 刘建华, 李丽辉. 黄金水位栽培法在设施育苗上的应用研究[J]. 长江蔬菜, 2012(6): 46-49.
- [12] 徐向宏, 何明珠. 试验设计与 Design Expert Spss 应用[M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- [13] 张琪, 丛鹏, 彭励. 通径分析在 Excel 和 SPSS 中的实现[J]. 农业网络信息, 2007(3): 109-110.