

银川地区水质的非洲菊沙培营养液配方筛选研究

陈 瑛, 高艳明, 李建设, 罗爱华

(宁夏大学 农学院, 宁夏 银川 750021)

摘 要:应用三元二次通用旋转组合设计, 采用沙培方法, 在二代节能日光温室内研究了营养液配方中的 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 的摩尔浓度对非洲菊产量的影响。结果表明: 3 个元素对非洲菊产量的影响大小顺序是: 氮 > 磷 > 钾; 通过计算机模拟寻优, 非洲菊单株最高产量 8.65 枝/株时, $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 3 个因子营养液的最优配方为: 12、1.5、4 mmol/L。

关键词:非洲菊; 沙培; 营养液; 模型

中图分类号:S 682.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)08-0077-06

非洲菊(*Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook.) 属菊科扶朗花属多年生常绿草本植物, 又名扶朗花, 是当今世界上重要的鲜切花种类之一。花卉采用无土栽培技术种植, 可以显著提高花卉产量, 增进品质, 并可减少多种土传病害, 净化栽培环境, 扩大花卉的应用范围, 具有广阔的发展前景^[1]。

我国北方地区的水质多为具有 pH 高、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量高的硬水, 按当地的水质水源情况对常用的无土栽培配方进行修正之后再应用于生产很有必要。现针对宁夏银川地区的硬水水质特点及沙资源较丰富的特点, 以非洲菊作为试验材料, 采用沙培技术以 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 作为因素, 利用三因素二次回归通用旋转组合设计出非

洲菊沙培营养液配方的筛选试验, 旨在优选出适合当地非洲菊沙培专用配方, 为硬水地区非洲菊无土栽培营养液的合理配制及高效优质生产提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2010 年 1~7 月在宁夏银川市永宁领鲜果蔬有限公司的二代节能日光温室内进行。

1.2 试验材料

1.2.1 试验地供试水 试验中配制营养液用水为宁夏银川市永宁县地下水(深 20 m), 试验用沙取自永宁征沙渠腹地沙地。供试地用水及用沙理化性状见表 1~2。

表 1 试验地用水理化性状

项目	pH	全盐 /g · L ⁻¹	Ca^{2+} /mg · L ⁻¹	Mg^{2+} /mg · L ⁻¹	K^+ /mg · L ⁻¹	HCO_3^- /mg · L ⁻¹	CO_3^{2-} /mg · L ⁻¹	Na^+ /mg · L ⁻¹	Cl^- /mg · L ⁻¹
含量	7.85	1.2	82	211	4	528	0	105	108

表 2 试验地用沙理化性状

项目	pH	全盐 /g · kg ⁻¹	有机质 /g · kg ⁻¹	全量氮 /g · kg ⁻¹	全量磷 /g · kg ⁻¹	全量钾 /g · kg ⁻¹	速效氮 /mg · kg ⁻¹	速效磷 /mg · kg ⁻¹	速效钾 /mg · kg ⁻¹
含量	7.39	0.55	1.57	0.13	0.14	18	14	2.8	48

1.2.2 供试植株 非洲菊品种为 1 a 生红花品种“热火”。

1.3 试验方法

试验应用三元二次回归通用旋转组合设计^[2], 以经济产量为目标函数, $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 的浓度为应变变量构建数学模型。

1.3.1 模型的构建 通过测定试验地水质的基本成分(表 1), 在花卉通用配方的基础上, 利用三因素五水平二次回归通用旋转组合设计, 设计出 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 的上、下限及零水平(表 3), 共 20 个处理, 微量元素采用通用配方。用试验的经济产量(y)建立回归模型, 进行回归系

第一作者简介:陈瑛(1984-), 女, 宁夏贺兰人, 硕士, 现主要从事设施蔬菜栽培与肥料研究工作。E-mail: liangkai8067493@163.com。

责任作者:高艳明(1963-), 女, 宁夏石嘴山人, 教授, 硕士生导师, 现主要从事设施蔬菜生理与营养研究工作。E-mail: myangao2@yahoo.com.cn。

基金项目:国家农业科技成果转化资助项目(2009GB2G300383)。

收稿日期:2011-02-21

数的显著性检验,并进行产量模型的解析,包括主效应分析、单因素效应分析、单因素边际产量效应分析,两因素交互效应,并确定 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 的最优组合。试验设计见表 5。栽培方式与管理:采用沙培方式,将纯沙装在直径 30 cm、高 25 cm 的花盆中,每盆定植 1 株,为避免夏季温度过高植物根系温度发生剧烈变化,将花盆埋入土壤中,每天定量浇灌营养液。2010 年 1 月进行筛选试验,根据三因素五水平实验设计,共 20 个处理,随机排列,4 次重复。定植前花盆浇透水。定植时植株根系用清水冲洗干净,定植后缓苗,缓苗结束后按照营养液配方每天用量杯定量浇灌营养液,需水量掌握见湿见干的原则,但注意心叶处不能积水,以防花芽腐烂。浇水时间最好在清晨和日落后 1 h,并进行常规管理。该试验于 2010 年 4 月 23 日开始采花,2010 年 7 月结束。营养液管理:配方:不同处理的营养液配方及用量按照设计的量(表 3、4)进行管理。酸度管理:试验地水质的 pH 在 8 左右,若不调酸直接使用会影响对阳离子尤其对铁离子的吸收,使之因缺素而生长缓慢,致使全株黄化,所以用硫酸调节,将其定为 5.5~6.0。

表 3 试验因子及水平编码值

因素	零水平	变化间距 Δ_i	无量纲编码 / $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$				
			+r	1	0	-1	-r
$\text{NO}_3\text{-N}$	8	4	16	12	8	4	0
P	1	0.5	2	1.5	1	0.5	0
K	4	3	12	6	4	2	0

表 4 营养液微量元素通用配方浓度

元素	Fe	B	Mn	Zn	Cu	Mo
浓度 / $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	3	0.5	0.5	0.05	0.02	0.01

1.3.2 测试内容及方法 筛选试验主要以产量为目标,所以在花期分别测量其产量,最终产量为各个阶段累积之和。为对该试验种植的非洲菊切花进行其商品价值评估,根据国家农业部制定的《鲜切花等级标准》制定,并参照何剑秋等^[3]的定级参数,以花柄长度、花冠直径和病虫害为衡量标准:1 级—花茎长 40 cm 以上、花冠直径 8 cm 以上、无病虫害;2 级—花茎长 35~39 cm、花冠直径 6~7 cm、无病虫害;3 级—花茎长 30~34 cm、花冠直径 4~5 cm、无病虫害。分级标准内容是指各指标完全符合某级所有条件,才能说明达到该级标准。该试验中非洲菊产量均选 1 级标准鲜切花。

2 产量方程构建

根据设计原理^[4-5],试验的期望回归数学模型为:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^3 b_j x_j + \sum_{i < j}^3 b_{ij} x_i x_j + \sum_{j=1}^3 b_{jj} x_j^2,$$

式中, Y 为理论产量, b_0 为总体平均数, b_j 、 b_{ij} 为变量 x_j

的主效应, b_{ij} 为变量 x_i 、 x_j 的交互效应。

表 5 非洲菊试验处理方案及对应产量

处理	$X_1 (\text{NO}_3\text{-N})$	$X_2 (\text{P})$	$X_3 (\text{K})$	产量 / 枝 · 株 ⁻¹
	/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	/ $\text{mmol} \cdot \text{L}^{-1}$	
Tr1	1(12)	1(1.5)	1(9)	7
Tr2	1(12)	1(1.5)	-1(3)	6
Tr3	1(12)	-1(0.5)	1(9)	4.3
Tr4	1(12)	-1(0.5)	-1(3)	6.7
Tr5	-1(4)	1(1.5)	1(9)	6
Tr6	-1(4)	1(1.5)	-1(3)	5
Tr7	-1(4)	-1(0.5)	1(9)	5.7
Tr8	-1(4)	-1(0.5)	-1(3)	5.5
Tr9	-2(0)	0(1)	0(6)	4
Tr10	2(16)	0(1)	0(6)	10
Tr11	0(8)	-2(0)	0(6)	5.7
Tr12	0(8)	2(2)	0(6)	9
Tr13	10(8)	0(1)	-2(0)	4
Tr14	0(8)	0(1)	2(12)	4.5
Tr15	0(8)	0(1)	0(6)	6.3
Tr16	0(8)	0(1)	0(6)	7.3
Tr17	0(8)	0(1)	0(6)	9
Tr18	0(8)	0(1)	0(6)	8
Tr19	0(8)	0(1)	0(6)	7.7
Tr20	0(8)	0(1)	0(6)	8.7

以产量为目标函数(Y),营养液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 P 、 K 3 种元素的摩尔浓度为决策变量(X_1 、 X_2 、 X_3),建立非洲菊产量与 3 个肥料因子的回归方程,沙培非洲菊营养液配方的回归方程为: $Y = 7.84380 + 0.87312X_1 + 0.54473X_2 + 0.04937X_3 - 0.36304X_1^2 - 0.24519X_2^2 - 1.33531X_3^2 + 0.27083X_1X_2 - 0.31250X_1X_3 + 0.52083X_2X_3$ (1)。

表 6 非洲菊回归方程的显著性检验

变异来源	平方和	自由度	均方	偏相关	F 值
回归	44.6279	9	4.9587	$F_2 = 3.14726$	$F_{0.05} = 3.02$
剩余	15.7555	10	1.5755		$F_{0.01} = 4.94$
失拟	11.1443	5	2.2289	$F_1 = 2.41684$	$F_{0.05} = 5.05$
误差	4.6111	5	0.9222		$F_{0.01} = 10.97$
总和	60.3834	19			

方差分析表明(表 6), $F_2 > F_{0.05} = 3.14726$,说明非洲菊方程的回归关系显著; $F_1 < F_{0.05} = 2.41684$,失拟不显著,说明非洲菊产量的回归方程与实际拟合很好,可用于分析预测。

以下是 $\alpha = 0.05$ 显著水平剔除不显著项后,简化后的回归方程 $Y = 7.84380 + 0.87312X_1 + 0.54473X_2 - 0.36304X_1^2 - 0.24519X_2^2 - 1.33531X_3^2 - 0.31250X_1X_3 + 0.52083X_2X_3 \dots (2)$ 。故方程(2)可用于进行分析,寻求最佳配方,并用于预测。由方程(2)可知,互作效应达显著水平的有 X_2X_3 (P 和 K)。

2.1 主效应分析

回归方程本身就已经过无量纲编码代换,其偏回归系数已经标准化,所以可以直接从一次项系数绝对值的大小来判断各因素对目标函数的相对重要性。 N 、 P 、 K 三因素对非洲菊产量的影响主次的线性项为: $X_1 > X_2 > X_3$, 即 $\text{NO}_3\text{-N} > \text{P} > \text{K}$ 。

2.2 单因子效应分析

由于试验水平方向进行了中心变换,采用降维法,固定其中两因素的自变量取值在适当水平,导出另一变

量的偏回归模型,就相当于在特定条件下做单因素试验,通过对其解析,不但可以了解自变量于目标函数的关系,而且可以求得在特定条件下某因素的最优水平。

2.2.1 营养液中 $\text{NO}_3\text{-N}$ 浓度对非洲菊产量的影响 采用降维法将 P、K 两因素分别固定在一、0、1 水平, $\text{NO}_3\text{-N}$ 与非洲菊产量的偏回归降维子方程为:

$$Y_1 = 6.231 + 1.186X_1 - 0.363X_1^2 \quad (3),$$

$$Y_1 = 7.844 + 0.873X_1 - 0.363X_1^2 \quad (4),$$

$$Y_1 = 7.330 + 0.560X_1 - 0.363X_1^2, \quad (5).$$

根据上述偏回归子方程,得到 $\text{NO}_3\text{-N}$ 素的单因素效应曲线(图 1)。由图 1 可知,氮素对产量的影响较显著,在不同施磷、钾条件下,其作用也不相同。在磷钾较低水平时,随着施氮量的增加,产量有增加的趋势;在磷钾施用量较高的水平时,随着施氮量的增加呈现近似平行坐标轴的状态,即高氮的单株产量高,而低氮的单株产量低,而使变量的变化不大。而磷钾施用量在零水平时,随着施氮量的增加非洲菊产量达到最高,且非洲菊产量与 N 素呈上升抛物线型关系,随着氮浓度由 -1.682 水平增大至 1.202 水平,产量由 5.349 枝/株增大到 8.369 枝/株,增加单位浓度氮的产量增量平均为 1.047 枝/株,随着氮浓度由 1.202 水平增至 1.682 水平时,产量由 8.369 枝/株降到 8.285 枝/株,增加单位浓度氮的产量负增量平均为 -0.175 枝/株,说明非洲菊是喜氮植物,但是氮的浓度并不是越大越好,浓度太大作物生长受到抑制,产量有所下降。从经济角度考虑,应选择适当的施氮水平。

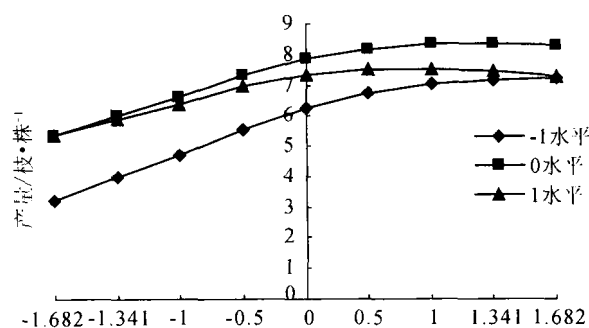


图 1 非洲菊 $\text{NO}_3\text{-N}$ 单因素效应曲线

2.2.2 营养液中 P 浓度对非洲菊产量的影响 采用降维法将 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、K 两因素分别固定在一、0、1 水平, P 与非洲菊产量的偏回归降维子方程为:

$$Y_2 = 4.960 + 0.024X_2 - 0.245X_2^2 \quad (6),$$

$$Y_2 = 7.844 + 0.545X_2 - 0.245X_2^2 \quad (7),$$

$$Y_2 = 6.706 + 1.066X_2 - 0.245X_2^2 \quad (8).$$

根据上述偏回归子方程,得到 P 素的单因素效应曲线(图 2)。由图 2 可知,磷素对产量的影响较显著,在不同施氮、钾条件下,其作用也不相同。在氮钾较高水平时,随着施磷量的增加,产量有增加的趋势;在氮钾施用

量较低的水平时,随着施磷量的增加呈现近似平行坐标轴的状态,即高磷与低磷时单株产量基本相同,单株产量而使变量的变化不大,这符合李比希 1943 年提出的最小养分率。而氮钾施用量在零水平时,非洲菊产量达到最高,且非洲菊产量与 P 素呈上升抛物线型关系,随着氮浓度由 -1.682 水平增大至 1.112 水平,产量由 6.234 枝/株增大到 8.147 枝/株,增加单位浓度磷的产量增量平均为 0.685 枝/株,随着磷浓度由 1.112 水平增至 1.682 水平时,产量由 8.147 枝/株降到 8.066 枝/株,增加单位浓度磷的产量负增量平均为 -0.142 枝/株,说明磷的浓度并不是越大越好,浓度太大作物生长受到抑制,产量有所下降。

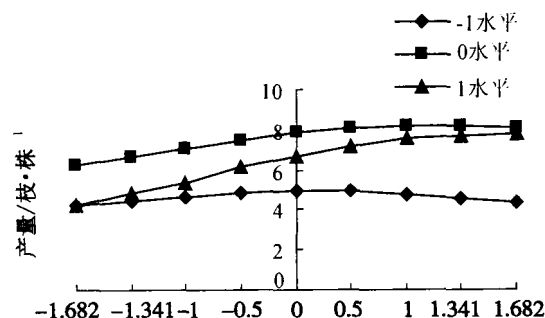


图 2 非洲菊 P 单因素效应曲线

2.2.3 营养液中 K 浓度对非洲菊产量的影响 采用降维法将 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、P 两因素分别固定在一、0、1 水平, K 与非洲菊产量的偏回归降维子方程为:

$$Y_3 = 5.815 - 0.208X_3 - 1.335X_3^2 \quad (9),$$

$$Y_3 = 7.844 - 1.335X_3^2 \quad (10),$$

$$Y_3 = 8.654 + 0.208X_3 - 1.335X_3^2 \quad (11).$$

根据上述偏回归子方程,得到 K 的单因素效应曲线(图 3)。由图 3 可知,钾素对产量的影响较显著,在不同施氮、磷条件下,其作用也相同。在不同的氮磷条件下,随着钾肥施用量的增加,非洲菊产量先增加再降低的趋势;氮磷水平较高时,非洲菊产量较高。非洲菊产量与 K 素呈下降抛物线型关系,当氮磷取磷水平是时,随着氮浓度由 -1.682 水平增大至 0 水平,产量由 4.076 枝/株降到 7.844 枝/株,增加单位浓度钾产量平均增加 2.240 枝/株,随着钾浓度由 0 水平增至 1.682 水平时,产量由 7.844 枝/株降到 4.067 枝/株,增加单位浓度钾的产量负增长量为 -2.240 枝/株,说明钾浓度并不是越大越好,取零水平时产量达到最高。再令偏回归子方程(4)、(7)、(10)的偏导数为零,即 $\frac{\partial y_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial y_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial y_3}{\partial x_3} = 0$, 可得 $X_1 = 1.202, X_2 = 1.112, X_3 = 0$ 。由于 $\frac{\partial^2 y_1}{\partial x_1^2} < 0, \frac{\partial^2 y_2}{\partial x_2^2} < 0, \frac{\partial^2 y_3}{\partial x_3^2} < 0$, 故当 $X_1 = 1.202, X_2 = 1.112, X_3 = 0$, 即氮磷钾的浓度分别为 14.424、1.668 和 4 mmol/L 时, y_1 、

y_2 、 y_3 有最大值,分别为8.369、8.147和7.844枝/株。这与穆鼎等在切花菊优化施肥组合的初步探讨中的结论切花菊“春黄”的施肥以 $N:P_2O_5:K_2O$ 为 20:9:18 组合相一致^[6]。

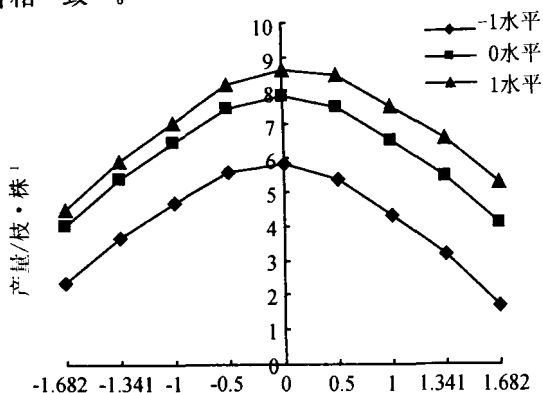


图3 非洲菊 K 单因素效应曲线

2.3 单因素边际产量效应分析

边际产量就是每增施单位量肥料的增产量,实际上它是一定肥料水平时产量的曲线斜率^[7]。由于氮、磷、钾各个因素对非洲菊产量的变化速率各异,因此有必要对边际产量效应作进一步分析,可以通过对之前所得回归方程求一阶偏导数而得到产量对各个因素水平值变化增减的速率,即: $\frac{\partial y}{\partial x_i} = b_i + \sum b_{ij} + 2 \sum b_{ij} x_j$ 。将各变量固定在零水平时,其边际产量效应方程分别为:

$$\frac{\partial y}{\partial x_1} = 0.873 - 0.726X_1, \quad \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0.545 - 0.490X_2,$$

$\frac{\partial y}{\partial x_3} = -2.670X_3$ 。由以上的方程得氮、磷、钾三因素的平均变化速率分别为 $X_1=0.873$ 、 $X_2=0.545$ 和 $X_3=0$ 。

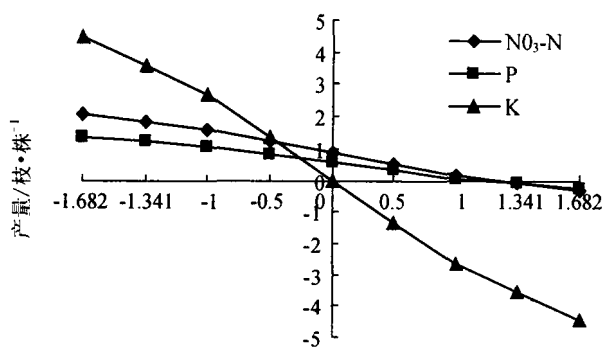


图4 非洲菊边际效应

由图4可知,斜率反映了单位施肥量对非洲菊产量的影响,单个因素对产量影响的速率随水平的改变而变化。氮肥边际效应(-1.682~1.682)为正时,即增产,但是随着氮肥量的增加,其增长率减小,说明增加氮肥量越多,则增产效益较低;而磷肥益有增产效应,但较氮肥相对平缓;钾肥边际效应(-1.682~0)为正,即增产,在(0~1.682)时为负,呈现负效应。各因子在不同水平对产量的影响不同,这对在不同条件下选择增产因素和决

定施肥量大小提供了参数。随着3种肥料的增加,边际产量均呈下降趋势,边际产量为零时,产量达到最大,即 NO_3-N 为 1.202 水平、 P 为 1.112 水平、 K 为 0 水平,这与 2.2.3 的结论相一致,超过此水平,呈现负效应,这符合 Mitscherlich E 提出的肥料报酬递减规律。

综上所述,由于5个水平的编码间距相等,平均数值就等于“零”水平。因此,将所有因素固定在“零”水平条件时,所得到的产量结果就可以代表个因素对产量的影响程度,用中值来衡量各因素的主次关系也是合乎情理的。无论是按“零”水平或是平均数为此排序,均与一次项排序一致,均为 $X_1 > X_2 > X_3$ 。

2.4 非洲菊 P 与 K 交互效应分析

由方程(2)知非洲菊产量回归方程中氮、磷、钾三因素在 0.50 水平上存在交互作用的为 X_2 与 X_3 ,即磷与钾有交互效应。交互项系数为正,表明磷与钾配施要比单独施用效果好,表现为正交互效应。

将回归方程中的一个因素固定在零水平,用降维法可得其它二因素与产量的子方程,即为交互项对应的回归方程。非洲菊 X_2 与 X_3 交互效应方程: $Y_{(2,3)} = 7.84380 + 0.54473X_2 - 0.24519X_3^2 - 1.33531X_3^2 + 0.52083X_2X_3$ (12)。

由图5可知,在高磷水平时,随着钾元素用量的增加非洲菊产量呈上升趋势,可见磷与钾之间存在正的交互效应,协调促进产量的形成。最高产量出现在磷水平取 1.4,钾水平取 0.27 时,而最低产量出现在磷取最高水平时,钾取最低水平时。

经计算, $X_2=1.4$, $X_3=0.27$ 时,产量最高。磷、钾浓度变化对非洲菊产量的影响见表7。

表7 磷、钾浓度变化对产量的影响

条件	因素变化	结果
当 $X_2 < 1.4$, $X_3 < 0.27$	增加磷、钾时	产量提高
当 $X_2 > 1.4$, $X_3 < 0.27$	增加磷,钾不变时	产量降低
	增加钾,磷不变时	产量提高
当 $X_2 < 1.4$, $X_3 > 0.27$	增加磷,钾不变时	产量降低
	增加钾,磷不变时	产量提高
当 $X_2 > 1.4$, $X_3 > 0.27$	增加钾,磷不变时	产量降低

2.5 模型寻优

根据方程(1)在计算机上进行优选的结果(表8)非洲菊最高产量 $y=8.65$ 枝/株。最高产量时3个因子的取值,即营养液的最优配方: NO_3-N 、 P 、 K 三元素在营养液中的浓度分别是 12、1.5、4 mmol/L。

表8 非洲菊最高产量的各因素组合

处 理	X_1	X_2	X_3	Y_{max}
非洲菊	1	1	0	8.65

这里得出的结论只是理论数值,由于农业生产不可避免的受自然等其它因素的影响,理论会与实际值有一定的出入的,所以理论只能作为宏观上指导农业生产的参考。为了使理论值更接近实际,把自然等其它因素考虑在内,必须进行频数分析。

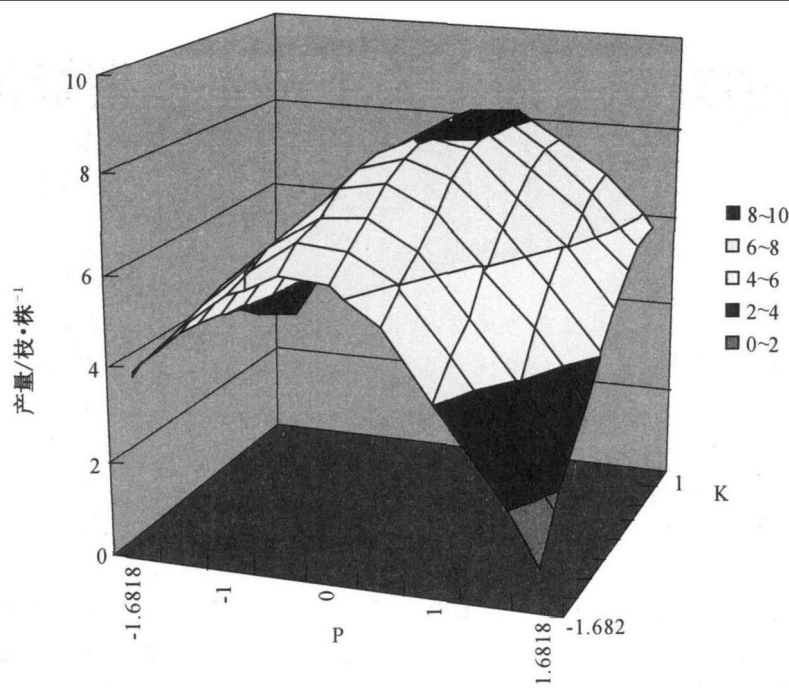


图5 非洲菊磷与钾交互效应曲面图

2.6 频数分析

将非洲菊产量大于6.58的频数分布列于表9、10。

表9 大于6.52的35个方案中个变量取值的频率分布 >6.52 枝/株

水平	X ₁	频率	X ₂	频率	X ₃	频率
-1.682	0	0	4	0.1143	0	0
-1	4	0.1143	5	0.1429	10	0.2857
0	6	0.1714	7	0.2	17	0.4857
1	13	0.3714	9	0.2571	8	0.2286
1.682	12	0.3429	10	0.2857	0	0

表10 35个方案中个因子在95%置信区间的水平值

	加权均数	标准误	95%的分布区间
X ₁	0.834	0.147	0.545~1.123
X ₂	0.403	0.198	0.015~0.790
X ₃	-0.057	0.121	0.294~0.180

由表9、10可看出,当X₁的投入水平为0.545...1.123,X₂的投入水平为0.015...0.790,X₃的投入水平为0.294...0.180时,有95%的把握使非洲菊产量达到最高,为8.65枝/株,即NO₃-N、P、K在营养液中的浓度分别为:10.180~12.492、1.008~1.395、4.588~4.36 mmol/L。

3 结论与讨论

非洲菊的无土栽培营养液中,对影响其产量的NO₃-N、P、K三元素进行数学模型分析,得到回归方程: $Y = 7.84380 + 0.87312X_1 + 0.54473X_2 + 0.04937X_3 - 0.36304X_1^2 - 0.24519X_2^2 - 1.33531X_3^2 + 0.27083X_1X_2 - 0.31250X_1X_3 + 0.52083X_2X_3$ 。F₁ = 2.41684, F₂ = 3.14726;不存在失拟,且回归模型达到显著水平。

三因素对产量的影响各不相同,线性项是X₁ > X₂ > X₃,也就是说各个元素对非洲菊产量影响大小顺序

是:氮>磷>钾。

单因子效应分析,将其它2个因素固定在“零”水平时,各因素与产量的偏回归子模型如下: $Y_1 = 7.844 + 0.873X_1 - 0.363X_1^2$; $Y_2 = 7.844 + 0.545X_2 - 0.245X_2^2$; $Y_3 = 7.844 - 1.335X_3^2$ 。经过分析,当非洲菊营养液中氮磷钾的浓度分别为14.424、1.668和4 mmol/L时,y₁、y₂、y₃有最大值,分别为8.369、8.147和7.844枝/株。

经过对模型的解析,得到非洲菊磷与钾的交互效应方程为: $Y_{(2,3)} = 7.84380 + 0.54473X_2 - 0.24519X_2^2 - 1.33531X_3^2 + 0.52083X_2X_3$ 。经计算,X₂ = 1.40, X₃ = 0.27时,产量最高。

如果非洲菊要达到8.65枝/株最高产量时,三因子的取值即营养液的最优配方为NO₃-N、P、K三元素在营养液中的浓度分别为12、1.5、4 mmol/L。

参考文献

[1] 肖宝珠,庆元. 无土栽培技术的应用前景[J]. 湖南农业科学,1994(2):23-24.
[2] 李永孝. 农业应用生物统计[M]. 济南:山东科学出版社,1989:377-408.
[3] 何剑秋,许兆奕,黄水金,等. 非洲菊鲜切花新品种比较试验初报[J]. 广东农业科学,2002(1):28-30.
[4] 成慧娟,白大鹏,索朝,等. 早熟高粱综合农艺栽培措施与产量关系模型的研究[J]. 内蒙古农业大学学报,1999,20(2):58-63.
[5] 李建设,程智慧,刘菊莲,等. 基于银川地区水质的空心菜营养液配方筛选研究[J]. 干旱地区农业研究,2008,26(4):114-120.
[6] 穆鼎,李春花. 切花菊优化施肥组合的初步探讨[J]. 土壤肥料,1999(6):21-23.
[7] 徐中儒. 回归分析与实验设计[M]. 北京:中国农业出版社,1998:146-150.

干旱胁迫对珠美海棠实生苗生理指标的影响

张桂霞, 史文博

(天津农学院 园艺系, 天津 300384)

摘要:以盆栽珠美海棠实生苗为试材, 研究干旱胁迫对其生理生化特性的影响。结果表明:随着干旱胁迫时间的延长, 珠美海棠实生苗叶片的细胞膜相对透性、可溶性糖含量及过氧化氢酶(CAT)活性呈现不断升高的趋势;丙二醛(MDA)含量随着土壤含水量的降低, 先逐渐升高, 后基本维持在一定范围内。

关键词: 珠美海棠; 干旱胁迫; 生理指标

中图分类号: TS 201.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)08-0082-03

珠美海棠(*Fragaria ananassa* Duchesne)原产日本山区, 是三叶海棠和毛山荆子的野生杂交种, 小乔木, 野生性较强^[1]。对不良环境有一定的抵抗能力, 具有较强的抗寒耐盐性^[2], 且枝叶繁茂, 花果鲜艳, 树形美观, 常用作盐碱地区的绿化树种及苹果砧木。近年来, 国内外对珠美海棠的耐盐性研究较多, 但对其抗旱性研究较少。该研究旨在通过测定干旱胁迫下珠美海棠实生苗叶片的细胞膜相对透性、丙二醛含量、可溶性糖含量及过氧化氢酶活性的变化规律, 探讨其耐旱机理, 为珠美海棠的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

第一作者简介:张桂霞(1976-), 女, 河北沧县人, 硕士, 讲师, 现主要从事果树学教学及研究工作。E-mail: zguixia@126.com。

基金项目:天津市科技发展计划资助项目(043124211)。

收稿日期:2011-02-21

以珠美海棠 1 a 生实生苗为试材。2010 年 4 月将生长状况良好的露栽 1 a 生珠美海棠实生苗进行合理的修剪, 栽入花盆并移入温室内向阳避雨处, 基质为原露栽园土, 塑料花盆规格为 330 mm×260 mm, 每盆 1 株。期间对其进行正常管理、浇水(每次 400 mL、隔 2 d 浇 1 次), 移栽的珠美海棠苗木经过一段时间的恢复, 开始萌芽, 长出新梢。选择长势、大小基本一致的苗木 60 盆作为试验材料。每株苗木主干约 27 cm 高, 保留 5~6 个新梢。2010 年 7 月 1 日进行干旱胁迫处理。

1.2 试验设计

试验设 2 个处理(干旱胁迫及正常浇水), 7 个水平, 3 次重复, 每处理 10 盆, 将珠美海棠干旱处理和对照处理的苗木放在环境条件一致的位置进行生长。由于 7 月天津气候炎热, 土壤水分蒸发快, 所以每天取材 1 次, 于 2010 年 7 月 1~7 日进行干旱胁迫处理。每次取植株新梢中部第 6 片叶以上具代表性的叶片约 2 g 进行试验。

Optimization of Nutritional Ration for Gerberas Growth Based on the Water Quality of Yinchuan Pain

CHEN Ying, GAO Yan-ming, LI Jian-she, LUO Ai-hua

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

Abstract: The ternary quadratic form universal revolving combination design were used to research the influence between mol concentration Matching among $\text{NO}_3\text{-N}$, P, K in nutrient solutions and the output of gerberas in secondary greenhouse. The sand culture were used in this process. The results showed that the order of affect degree was $\text{N} > \text{P} > \text{K}$; Optimization of computer simulation showed that the maximum yield of gerberas was 8.65 branches per hill, the best recipe of three element among $\text{NO}_3\text{-N}$, P, K were prepared as follow: 12, 1.5, 4 mmol/L.

Key words: gerberas; sand culture; nutrient solutions; model