

DOI:CNKI:61-1390/S. 20110810. 1101. 025

网络出版时间:2011-08-10 11:01:00

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20110810.1101.025.html>

蚁酸钙对嘎拉苹果的疏花效果研究

王艳丽,赵政阳,宋传奎,巴巧瑞,李会科,王雷存,高 华

(西北农林科技大学 园艺学院,陕西 杨凌 712100)

[摘 要] **【目的】**研究蚁酸钙对黄土高原“嘎拉”苹果的疏花效果,以确定蚁酸钙的最佳喷布时期和质量浓度。**【方法】**以 7 年生“嘎拉”苹果树为试材,分别设置全树 5%中心花盛开后 1,2,4,6,7 d 5 个喷布时期和 2.5,4.33,8.75,13.2,15 g/L 5 个蚁酸钙质量浓度处理,以自然疏除、喷施清水、人工疏除为对照,以中心花坐果率、边花坐果率、花序坐果率、花朵坐果率为评价指标,采用二元二次回归正交旋转组合设计方法,以明确蚁酸钙最佳质量浓度和喷布时期,并比较了在蚁酸钙最佳质量浓度和喷布时期下果实品质与 3 个对照间的差异。**【结果】**建立了中心花坐果率、边花坐果率、花序坐果率、花朵坐果率与蚁酸钙质量浓度、喷布时期两因素编码值的数学回归模型,回归拟合检验显著,失拟值不显著,模型有效;单因素分析表明,对“嘎拉”苹果中心花疏除效果的影响大小为喷布时期>蚁酸钙质量浓度,对花序坐果率的影响为蚁酸钙质量浓度>喷布时期。边际效应解析结果表明,喷布时期对“嘎拉”苹果的疏花效果较蚁酸钙质量浓度显著;通过坐果率分析并结合果实品质测定结果可知,在 5%中心花盛开后第 2.71~4.37 天喷施 9.74~10.41 g/L 的蚁酸钙,有良好的疏花效果。**【结论】**在适当时期施用一定质量浓度的蚁酸钙对“嘎拉”苹果的疏花效果显著,并且不会影响果实品质。

[关键词] 蚁酸钙;“嘎拉”苹果;疏花效果;果实品质

[中图分类号] S661.105⁺.9

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2011)09-0129-09

Thinning effect of Calcium-formic Acid Compound on the apple flowers of Gala

WANG Yan-li, ZHAO Zheng-yang, SONG Chuan-kui, BA Qiao-rui,
LI Hui-ke, WANG Lei-cun, GAO Hua

(College of Horticulture, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The research was conducted to select the optimum spraying time and concentration of Calcium-formic Acid Compound by studying its thinning effect on the Gala Apple Flowers in Loess Plateau. **【Method】** With mid-maturing variety Gala as test material, the experiment was carried out by using the method of Experimental design orthogonal rotation which set 5 different concentration and spraying time treatments with blank, solvent and manual control. The optimum concentration and spraying time were established by investigating the center flower fruit set, lateral flower fruit set, inflorescence fruit set and total flower fruit set, and the fruit quality was also compared between the treatments and controls. **【Result】** The effects of the Calcium-formic Acid Compound Concentration and spraying time on the flower setting rate such as center flower fruit set, lateral flower fruit set, inflorescence fruit set, total flowers fruit set were researched and mathematical regression models were established. The models were effective after

* [收稿日期] 2011-01-24

[基金项目] 现代农业产业技术体系建设专项资金(nycytx-08-01-03);陕西省“13115”重大专项(2010ZDKG-69);陕西省科技攻关项目(2010K01-04-1)

[作者简介] 王艳丽(1983—),女,河北承德人,在读硕士,主要从事果树生理生态与品质改良研究。E-mail: wyfriend@163.com

[通信作者] 赵政阳(1964—),男,陕西富平人,教授,博士生导师,主要从事苹果品种选育及栽培技术研究。

examining. Single-factor analysis showed the significance of thinning effect on center flower fruit set was spraying time>spraying concentration, but for the inflorescence fruit set it was spraying concentration> spraying time. The overall effect of Marginal utility was spraying time>spraying concentration. In combination of the fruit set analysis and fruit quality, the thinning effect was significant when the concentration of Calcium-formic Acid Compound was 9.74—10.41 g/L at the time of 2.71—4.37 days after 5% of the central flower in full bloom. 【Conclusion】 Thinning can achieve significant results without excessive risk at an optimum spraying time and concentration.

Key words: Calcium-formic Acid Compound; Gala apples; flower thinning effects; fruit quality

苹果是世界四大水果之一,也是我国种植面积最大、产量最高的果树栽培品种。作为世界第一苹果生产大国,我国的苹果产量占世界总产量的 1/3 以上^[1]。随着苹果产业的不断发展,为调节果树合理负载,实现高效、稳定生产优质苹果的目标,花果调控技术逐渐受到人们的重视,其中疏花疏果是重要的技术措施之一。但是人工疏花疏果费工费时,所需费用占全年管理费用的 20%~25%^[2],所以在苹果生产发达国家,化学疏花疏果技术得到大面积推广应用。我国 20 世纪 70 年代开始研究化学疏花疏果技术,但未取得实质性进展,近几年在无公害化学疏花疏果研究方面有所突破^[3-4],但是在生产实践中未作为重点进行研究。随着农村劳动力快速向城市大量转移,我国农村劳动力越来越紧张,为了保证苹果产业的健康有序发展,对化学疏花疏果等省时省力的苹果管理技术的研究迫在眉睫。

药剂筛选是化学疏花疏果的关键,目前常用的疏花疏果药剂包括以石硫合剂为代表的疏花剂^[5]和以 NAA、西维因为代表的疏果剂^[6-10]。近年来,国外开发了许多新型、环保、安全的疏花疏果药剂,其中蚁酸钙(Calcium-formic Acid Compound)作为有机疏花药剂已经在日本注册,在“富士”苹果上应用具有选择性疏花作用,同时可起到补充 Ca 素的作用^[11],并且在梨树及核果类果树上得到了广泛应用^[12]。我国在苹果疏花剂筛选上的研究很薄弱,尤其是在黄土高原苹果产区尚未见到此方面的研究。为了明确蚁酸钙在苹果上的疏花效果,本试验以中熟型苹果品种“嘎拉”为试材,采用二元二次旋转正交组合设计方法,探讨了蚁酸钙的最佳喷布时期和施用质量浓度,以期能为生产应用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于 2009-12—2010-10 在陕西白水苹果示范园内进行。该地区海拔 455~1 568 m,年日照

时数 2 300 h 以上,全生育期日照时数占年日照时数的 70%;日较差>10℃的平均日数占 60%;年平均降水 598.2 mm,雨量适中;最高气温>35℃的日数在 5 d 以下。“嘎拉”苹果试验园面积 0.53 hm²,2003 年定植,树龄 7 年,乔砧栽培,基砧为新疆野苹果(*Malus sieversii* (Ledeb.) Roem.),南北行向,株行距 3 m×4 m,授粉品种为“红富士”,常年产量 4.50~5.25 万 kg/hm²。

1.2 试验设计与处理

试验采用二元二次回归正交旋转组合设计(试验因子及其水平编码见表 1),涉及蚁酸钙喷布时期和质量浓度 2 个因素。喷布时期设为全树 5% 花盛开后的 1,2,4,6,7 d,蚁酸钙设置 2.5,4.33,8.75,13.2 和 15 g/L 共 5 个质量浓度水平,总共 16 个处理,同时设置自然疏花疏果(CK₁)、喷施清水(CK₂)和人工疏花疏果(CK₃)3 个对照,每个处理重复 2 次,人工疏花疏果按照当地常规疏除方法进行。

表 1 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的
回归正交旋转组合设计的试验因素及其水平编码

Table 1 Codes of factors and levels of orthogonal rotation combination design of thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala

水平 Level	喷布时期/d Time (X ₁)	蚁酸钙物质量浓度/ (g·L ⁻¹) Concentration(X ₂)
-1.414	1	2.5
-1	2	4.33
0	4	8.75
1	6	13.2
1.414	7	15

1.3 喷施方法

以树干基部干径为基础,同时综合考虑树势、枝量、花芽量等因素选择试验用树,涂漆标记,试验用树之间设保护株。采用背负式小型手动喷雾器喷施蚁酸钙溶液,药剂现配现用。

1.4 花芽量和坐果量的调查

1.4.1 花芽量 在试验树上选择花量、长势基本一

致的 3 个枝组挂牌标记,用计数器于花蕾露红期进行花芽量的调查统计。另外选择 3 株标准树同步进行开花情况调查,根据花朵开放数量对花期进行划分,为确定喷药时间提供依据。

1.4.2 坐果量 于生理落果后 2 周,对试验树挂牌枝组进行坐果情况调查,分别统计中心果、边果数量,计算中心花坐果率、边花坐果率、花朵坐果率和花序坐果率。

1.5 果实品质指标的测定

于 08-15 采收期,从 3 个标记枝组上随机摘取 45 个果子,单果质量采用电子天平称量,果实纵、横径采用游标卡尺测定,所有指标取 45 个果子的平均值。

1.5.1 果面光洁指数 果面光洁程度分为 4 级:1 级,果面粗糙如同未套袋果;2 级,果面较粗糙,色较暗;3 级,果面较光滑;4 级,果面光洁细腻。按下式计算果面光洁指数:果面光洁指数 = $\sum(\text{各级果数} \times \text{级数}) / \text{总果数}$ 。

1.5.2 果面果锈指数 果面果锈程度分为 5 级:0 级,果面无锈斑;1 级,果面有 0.5 cm² 以下锈斑;2

级,果面锈斑面积 0.5~1.0 cm²;3 级,果面锈斑面积 1.0~2.0 cm²;4 级,果面锈斑面积 2.0 cm² 以上。果锈指数计算公式为:果锈指数 = $\sum(\text{各级果数} \times \text{级数}) / \text{总果数}$ 。

1.5.3 内在品质指标 果实硬度用 GY-1 型硬度计测定,可溶性固形物含量(质量分数)使用 ATA-GO(PAL-1)手持数显折光仪测定,可滴定酸含量(质量分数)用滴定法测定。

1.6 数据处理

对试验数据采用 Excel 和 SAS 8.0 软件进行处理分析。坐果率与蚁酸钙质量浓度、喷布时期的数学模型,根据二元二次正交旋转组合设计的矩阵列表进行拟合回归;果实品质指标采用“平均值±标准差”表示。

2 结果与分析

2.1 坐果率与蚁酸钙质量浓度、喷布时期数学回归模型的建立

蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的二元二次回归旋转正交试验组合设计及试验结果见表 2。

表 2 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的二次回归旋转组合试验结果

Table 2 Result of orthogonal rotation combination design of the thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala

处理 Treatment	蚁酸钙 质量浓度 X ₁ Calcium-formic Acid Compound concentration	喷布时期 X ₂ Time	中心花 坐果率 Y ₁ / % Center flower fruit set	边花坐果率 Y ₂ / % Lateral flower fruit set	花序坐果率 Y ₃ / % Inflorescence fruit set	花朵坐果率 Y ₄ / % Total flowers fruit set
A1	1	1	60.80	39.29	94.28	48.07
A2	1	−1	43.23	29.45	93.09	36.72
A3	−1	−1	45.20	52.08	97.50	65.72
A4	−1	1	65.55	31.11	95.85	48.16
A5	1.414	0	41.67	28.69	90.59	41.61
A6	−1.414	0	58.68	42.29	95.03	52.71
A7	0	1.414	58.55	30.07	96.74	35.10
A8	0	−1.414	45.24	47.56	92.21	62.22
A9	0	0	48.80	29.32	90.35	41.38
A10	0	0	37.49	35.22	86.96	37.08
A11	0	0	48.97	29.14	92.80	41.40
A12	0	0	44.40	24.48	89.05	24.68
A13	0	0	49.05	17.49	90.11	33.80
A14	0	0	37.42	21.47	87.96	37.57
A15	0	0	48.84	27.05	90.70	40.26
A16	0	0	48.04	28.05	93.79	42.76

以坐果率为响应值,运用 SAS 8.0 统计软件中的 RSREG 过程进行回归拟合,建立以中心花坐果率(Y₁)、边花坐果率(Y₂)、花序坐果率(Y₃)、花朵坐果率(Y₄)为响应面,蚁酸钙质量浓度(X₁)、喷布时期(X₂)编码值为关键因子的数学回归模型:

$$Y_1 = 45.40 - 3.85X_1 + 7.11X_2 + 3.05X_1^2 - 0.69X_2X_1 + 3.93X_2^2,$$

(1)

$$Y_2 = 26.50 - 4.21X_1 - 4.48X_2 + 4.70X_1^2 + 7.70X_2X_1 + 6.36X_2^2,$$

(2)

$$Y_3 = 90.21 - 1.53X_1 + 0.74X_2 + 1.68X_1^2 + 0.71X_2X_1 + 2.52X_2^2,$$

(3)

$$Y_4 = 37.36 - 5.60X_1 - 5.57X_2 + 5.34X_1^2 + 7.23X_2X_1 + 6.09X_2^2.$$

(4)

对方程和各回归因子进行统计检验,Y₁ 方程拟

合检验结果为 $F=5.14, P=0.014<0.05$, 决定系数 $R^2=0.7199$; Y_2 方程拟合检验结果为 $F=9.03, P=0.002<0.01, R^2=0.8186$, Y_3 方程拟合检验结果为 $F=4.16, P=0.026<0.05, R^2=0.6752$; Y_4 方程拟合检验结果为 $F=6.15, P=0.007<0.01, R^2=0.7545$, 表明上述模型均达到显著水平, 说明所得出的二次回归模型是适当的, 可

表 3 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果回归方程的方差分析

Table 3 Regression equation Variance Analysis of thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala								
来源 Regression	中心花坐果率 $Y_1/\%$ Center flower fruit set				边花坐果率 $Y_2/\%$ Lateral flower fruit set			
	自由度 <i>df</i>	平方和 Sum of squares	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	自由度 <i>df</i>	平方和 Sum of squares	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
一次项 Linear	2	522.65	9.29	0.005	2	302.69	6.56	0.015
二次项 Quadratic	2	198.08	3.52	0.070	2	500.57	10.86	0.003
交互项 Crossproduct	1	1.92	0.07	0.799	1	237.30	10.29	0.009
回归模型 Total model	5	722.65	5.14	0.014	5	1 040.56	9.03	0.002
失拟项 Lack of fit	3	96.43	1.22	0.372	3	27.31	0.31	0.816
纯误差 Pure error	7	184.74			7	203.26		
总误差 Total error	10	281.17			10	230.57		

来源 Regression	花序坐果率 $Y_3/\%$ Inflorescence fruit set				花朵坐果率 $Y_4/\%$ Total flower fruit set			
	自由度 <i>df</i>	平方和 Sum of squares	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	自由度 <i>df</i>	平方和 Sum of squares	<i>F</i> 值 <i>F</i> value	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
一次项 Linear	2	23.23	2.45	0.136	2	498.71	6.22	0.018
二次项 Quadratic	2	73.25	7.73	0.009	2	524.51	6.54	0.015
交互项 Crossproduct	1	2.00	0.42	0.530	1	209.00	5.21	0.046
回归模型 Total model	5	98.48	4.16	0.026	5	1 232.22	6.15	0.007
失拟项 Lack of fit	3	10.63	0.68	0.594	3	157.62	1.51	0.293
纯误差 Pure error	7	36.74			7	243.40		
总误差 Total error	10	47.37			10	401.01		

回归系数的显著性检验结果(表 4)表明, 在一次项中, X_2 对 Y_1 影响极显著, X_1 与 X_2 均对 Y_2 、 Y_4 影响显著; 交互项中, X_1 与 X_2 的交互作用对 Y_2 、 Y_4 影响显著; 二次项中, X_1 与 X_2 对 Y_2 、 Y_4 均有显著影响, X_2 对 Y_3 也有显著影响。在 $P=0.1$ 显著水平下剔除不显著项, 得到优化后的回归方程为:

表 4 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果数学模型的回归系数及显著性检验

Table 4 Model coefficients and significance testing of the thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala								
系数项 Parameter	中心花坐果率 $Y_1/\%$ Center flower fruit set		边花坐果率 $Y_2/\%$ Lateral flower fruit set		花序坐果率 $Y_3/\%$ Inflorescence fruit set		花朵坐果率 $Y_4/\%$ Total flowers fruit set	
	估计值 Estimate	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	估计值 Estimate	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	估计值 Estimate	<i>P</i> 值 <i>P</i> value	估计值 Estimate	<i>P</i> 值 <i>P</i> value
截距 Intercept	45.397	<0.000 1	26.504 621	<0.000 1	90.214 975	<0.000 1	37.363	<0.000 1
X_1	-3.847	0.067 3	-4.210 703	0.032 5	-1.533 422	0.074 3	-5.597	0.031 5
X_2	7.120	0.003 5	-4.484 615	0.024 7	0.743 500	0.356 8	-5.570	0.032 1
$X_1 \times X_1$	3.048	0.135 2	4.701 529	0.019 8	1.682 711	0.053 7	5.338	0.038 4
$X_1 \times X_2$	-0.692	0.799 4	7.702 258	0.009 4	0.707 540	0.530 3	7.228	0.045 6
$X_2 \times X_2$	3.935	0.062 3	6.362 873	0.003 8	2.515 518	0.008 5	6.090	0.021 6

由于方程是经无量纲线性编码代换后所得, 方程中各项回归系数已经标准化, 因此可以通过直接比较其绝对值的大小来判断各因子的重要性^[13]。从线性项看, 对于中心花坐果率而言, X_2 前的一次

以正确反映蚁酸钙质量浓度 (X_1) 及其喷布时期 (X_2) 与坐果率的关系。由各回归方程的失拟性检验结果(表 3)可知, Y_1 、 Y_2 、 Y_3 、 Y_4 4 个函数的 P 值分别为 0.372、0.816、0.594 和 0.293, 均 >0.05 , 表明不显著, 说明残差由随机误差引起, 无失拟因素存在, 回归模型与实测值能够较好拟合。

$$Y_1=45.40-3.85X_1+7.11X_2+3.93X_2^2, \quad (5)$$

$$Y_2=26.50-4.21X_1-4.48X_2+4.70X_1^2+7.70X_2X_1+6.36X_2^2, \quad (6)$$

$$Y_3=90.21-1.53X_1+1.68X_1^2+2.52X_2^2, \quad (7)$$

$$Y_4=37.36-5.60X_1-5.57X_2+5.34X_1^2+7.23X_2X_1+6.09X_2^2. \quad (8)$$

项系数大于 X_1 的; 对于花序坐果率而言, 则是 X_1 前的一次项系数绝对值大于 X_2 的; 对于边花坐果率和花朵坐果率, 二者 X_1 和 X_2 前的一次项系数基本相等。由此说明, 蚁酸钙对于“嘎拉”苹果中心花

的疏除效果以喷布时期的影响较大,而对花序坐果率的影响则以蚁酸钙质量浓度较大,对于边花和花朵整体的疏除效果,两因素的影响差异不大。

2.2 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的单因素效应解析

二次正交旋转组合设计对平方和进行了中心化线性代换,以满足试验的正交性,模型中各效应线性可加,一偏回归系数间相互独立。因此,采用“降维法”将 2 个因子中 1 个固定取 0 水平,观察另一个试验因子与“嘎拉”坐果率(Y)的关系,可以导出如下

子模型:

$$Y_{11}=45.397-3.847X_1+3.048X_1^2,$$

$$Y_{12}=45.397+7.120X_2+3.935X_2^2,$$

$$Y_{21}=26.505-4.211X_1+4.702X_1^2,$$

$$Y_{22}=26.505-4.485X_2+6.363X_2^2,$$

$$Y_{31}=90.215-1.533X_1+1.683X_1^2,$$

$$Y_{32}=90.215+0.744X_2+2.516X_2^2,$$

$$Y_{41}=37.363-5.597X_1+5.338X_1^2,$$

$$Y_{42}=37.363-5.570X_2+6.090X_2^2.$$

对上述 8 个方程分别作图,详见图 1。

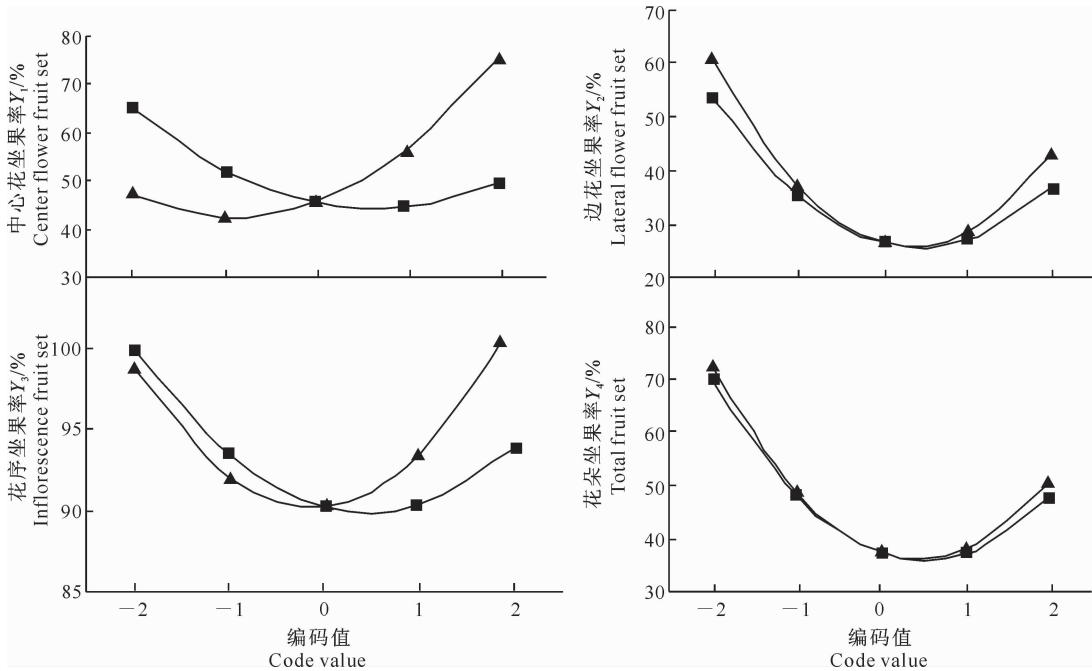


图 1 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的单因子效应解析
—■—蚁酸钙质量浓度(X₁);—▲—喷布时期(X₂)

Fig.1 Single factor analytical figures of thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala
—■—Calcium-formic Acid Compound concentration(X₁);—▲—Spraying time(X₂)

由 8 个子模型方程可以看出,常数项和二次项均为正值,说明蚁酸钙质量浓度(X₁)与喷布时期(X₂)的单因子效应方程均为开口向上的抛物线,两因素对“嘎拉”苹果疏花效果均表现出一定的曲线变化,都有理论最低值,也就是疏花效果最显著的点。

由图 1 可知,在本试验设定的蚁酸钙质量浓度和喷布时期内,对蚁酸钙质量浓度而言,随着其质量浓度(X₁)的增高,中心花坐果率(Y₁)、边花坐果率(Y₂)、花序坐果率(Y₃)、花朵坐果率(Y₄)均呈现一定的下降趋势,表明疏除效果越来越明显;就蚁酸钙质量浓度对于疏花效果的增效程度而言,蚁酸钙质量浓度(X₁)在 0 编码前,随着其质量浓度的增加,疏花增效显著,而在 0 编码后则效果趋于平缓。就喷布时期而言,随着喷布时间的推迟,蚁酸钙对“嘎

拉”苹果中心花坐果率(Y₁)的疏花效果越来越差;而对于边花坐果率(Y₂)、花序坐果率(Y₃)、花朵坐果率(Y₄)而言,随着喷布时期的推迟,疏花效果表现为抛物线变化趋势,喷布时期代码在 0 编码前,随喷布时期的延迟,疏花效果呈现出一定的增加趋势,而在 0 编码后,随着喷布时期的延迟,疏花效果越来越差。

2.3 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的因子边际效应解析

对单因子效应方程求一阶偏导数,得到单因子的边际效应方程,边际效应可反映目标函数(Y)随自变量变化而变化的速率。对本试验涉及的蚁酸钙质量浓度(X₁)和喷布时期(X₂)2 个参数进行因子边际效应分析,其边际效应方程如下:

$$dY_{11}/dX_1=-3.847+6.095X_1,$$
$$dY_{12}/dX_2=7.120+7.869X_2,$$
$$dY_{21}/dX_1=-4.212+9.403X_1,$$
$$dY_{22}/dX_2=-4.485+12.726X_2,$$
$$dY_{31}/dX_1=-1.533+3.365X_1,$$

$$(17)$$
$$(18)$$
$$(19)$$
$$(20)$$
$$(21)$$

$$dY_{32}/dX_2=0.744+5.031X_2,$$
$$dY_{41}/dX_1=-5.597+10.677X_1,$$
$$dY_{42}/dX_2=-5.570+12.179X_2。$$

$$(22)$$
$$(23)$$
$$(24)$$

对上述式(17)–(24)共 8 个边际效应分析方程作图,结果见图 2。

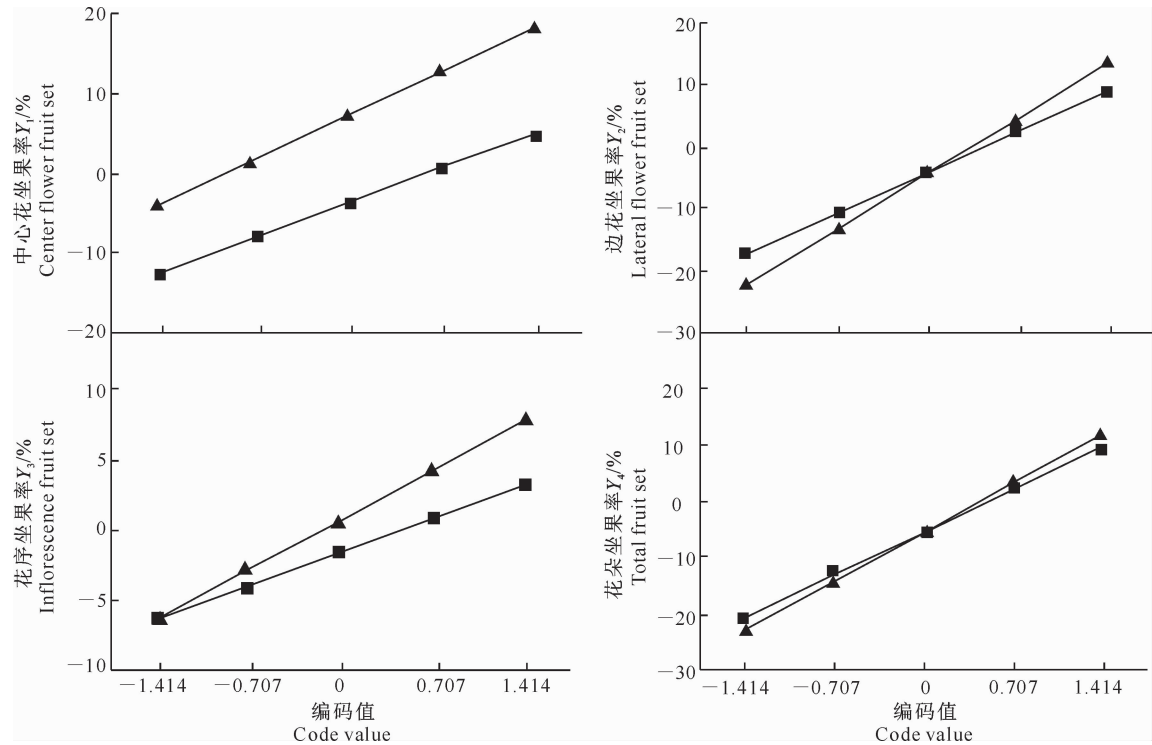


图 2 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的边际效应解析
—■—蚁酸钙质量浓度(X₁);—▲—喷布时期(X₂)

Fig.2 Marginal utility analysis of thinning effect of Calcium-formic Acid Compounds on Gala
—■—Calcium-formic Acid Compound concentration (X₁);—▲—Spraying time (X₂)

由图 2 可以看出,当喷布时期编码值小于-0.903 485、蚁酸钙浓度编码值小于 0.631 09 时,随着编码值的降低,中心花坐果率在降低,说明疏花效果越来越显著,但降低的速率逐渐减小;同时还可以看出,当喷布时期编码值大于-0.903 485 时,蚁酸钙的疏花效果越来越弱,且减弱的速率越来越快。由此可以看出,对于中心花而言,疏花时期的选择不宜太迟。

从边花坐果率、花序坐果率、花朵坐果率的边际效应图还可以看出,喷布时期效应曲线的斜率均较蚁酸钙质量浓度曲线大,由此可以看出,用蚁酸钙对“嘎拉”苹果进行疏花时,喷布时期的影响较蚁酸钙质量浓度的影响更显著。从图 2 还可以直观地看出,两因素在相同水平时,对不同坐果率指标的影响程度不同,这可能是因为不同的花朵疏除需要不同的条件,因此应根据生产实际需要以及果树的生长特点,选择合适的喷布时期和药物质量浓度,以期达

到更好的疏花效果。

2.4 蚁酸钙对“嘎拉”苹果疏花效果的模型交互项解析

本试验建立的模型中,由回归方程偏回归系数显著性检验结果可知,X₁、X₂ 对 Y₂、Y₄ 的交互作用显著,对 Y₁、Y₃ 的交互作用不显著。为了深入研究蚁酸钙质量浓度(X₁)和喷布时期(X₂)对边花坐果率、花朵坐果率的交互作用,采用 SAS 8.0 统计软件绘制两因素对 Y₂、Y₄ 交互作用的响应面曲面和等高线图进行解析^[14-15]。

由图 3 和图 4 可知,在一定范围内,疏花效果随两因素编码值的增大而越来越显著,喷布时期对疏花效果的影响比蚁酸钙质量浓度稍大。当两因素同时在较高水平时,疏花效果反而很差,很可能是疏花时间太晚,花朵已完成授粉受精过程,因而对药剂不敏感所致。

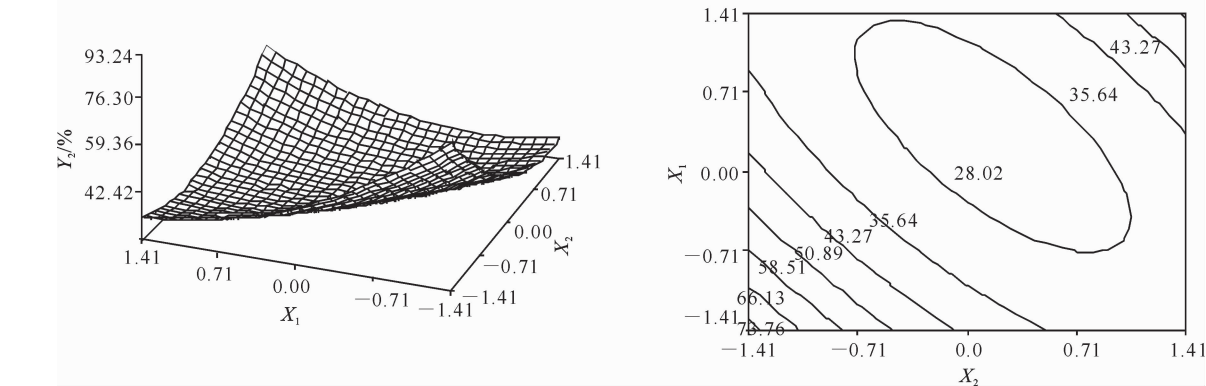


图 3 蚁酸钙质量浓度(X_1)和喷布时期(X_2)对“嘎拉”苹果边花坐果率(Y_2)的响应面与等高线图
Fig.3 Response surface plots and contour plots of Calcium-formic Acid Compounds concentration (X_1) and spraying time (X_2) on the lateral flower fruit set (Y_2) of Gala

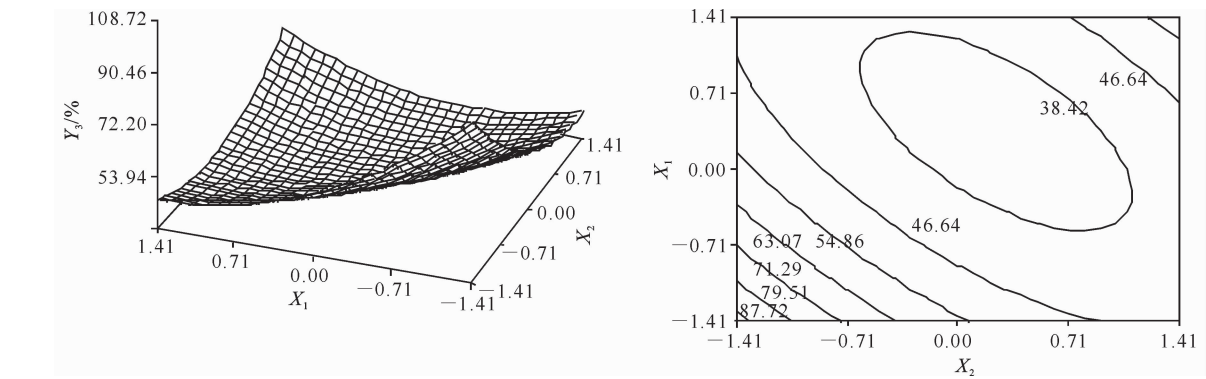


图 4 蚁酸钙质量浓度(X_1)和喷布时期(X_2)对“嘎拉”苹果花朵坐果率(Y_4)的响应面与等高线图
Fig.4 Response surface plots and contour plots of Calcium-formic Acid Compounds concentration (X_1) and spraying time (X_2) on the total flowers fruit set (Y_4) of Gala

2.5 蚁酸钙适宜质量浓度和喷布时期下的疏花效果与对照的比较

利用 SAS 编程的 RSREG Procedure 过程中的典型分析得到疏花效果最显著的一个稳定点,由表 5 可知,当蚁酸钙质量浓度为 9.74~10.41 g/L、喷布时间在 5%中心花盛开后 2.71~4.37 d 时,其对“嘎拉”苹果疏花效果显著且无过量危险。

选择在理论值范围附近的蚁酸钙质量浓度组用于果实品质测定,由表 6 可知,单果质量、可溶性固形物含量、可滴定酸含量均较对照有所升高,但无显著性差异($P>0.05$);其他指标如果形指数、硬度、果锈指数、光洁指数均与对照无差异。由此说明,蚁酸钙处理后并没有显著影响果实的品质。

表 5 蚁酸钙适宜质量浓度和喷布时期下的疏花效果与对照的比较

项目 Item		蚁酸钙质量 浓度/(g · L ⁻¹) Calcium-formic Acid Compounds concentration	喷布时期/d Spraying time	坐果率/% Fruit set			
				理论值 Theoretical result	CK1	CK2	CK3
中心花坐果率 Center flower fruit set	编码值 Codified value	0.377 545	-0.605 757				
	实际值 Real value	10.41	2.71	41.33	62.26	66.96	36.71
边花坐果率 Lateral flower fruit set	编码值 Codified value	0.223 204	0.114 132				
	实际值 Real value	9.74	4.24	25.48	45.76	47.10	1.64
花序坐果率 Inflorescence fruit set	编码值 Codified value	0.354 695	-0.154 396				
	实际值 Real value	10.32	3.67	89.75	98.35	96.97	76.23
花朵坐果率 Total fruit set	编码值 Codified value	0.253 732	0.172 824				
	实际值 Real value	9.87	4.37	35.68	50.00	77.60	12.95

表 6 蚁酸钙适宜质量浓度和喷布时期处理组与对照果实品质的比较

Table 6 Contrast of fruit quality between the treatment of optimizing concentration and spraying time and controls

处理 Treatment	单果质量/g Fruit weight	果形指数 Shape index	可溶性 固形物含量/% Soluble solid content	可滴定酸 含量/% Titrable acidity	硬度/ (kg·cm ⁻²) Fruit hardness	果锈指数 Fruit rest index	光洁指数 Surface smoothness index
最佳处理 Optimum treatment	151.52±20.15	0.89±0.04	13.85±0.63	0.305±0.002	9.76±0.320	2.67±0.33	3.68±0.45
CK1	143.205±16.33	0.85±0.04	12.33±0.76	0.254±0.041	10.21±0.214	2.49±0.24	3.27±0.57
CK2	145.205±18.39	0.85±0.05	13.08±0.99	0.268±0.015	9.88±0.321	2.38±0.38	3.19±0.39
CK3	146.069±21.36	0.85±0.02	12.87±0.93	0.275±0.003	9.95±0.023	2.26±0.57	3.89±0.52

3 讨 论

响应面法(RSM)是通过建立因素与响应值之间的数学回归模型,来寻求最优工艺参数^[16],具有试验次数少、周期短、精度高等优点^[17-18],在食品、医药、生物工程、天然物提取等领域应用广泛,而采用此方法研究蚁酸钙对苹果疏花效果的报道较少。本研究利用响应面法对蚁酸钙在“嘎拉”苹果上的疏花效果进行了研究,建立了中心花坐果率、边花坐果率、花序坐果率、花朵坐果率与蚁酸钙质量浓度、喷布时期两因素编码值的数学回归模型,经显著性检验,模型均达到显著水平,无失拟因素存在,说明所建立的二次回归模型是适当的,可以利用此模型对蚁酸钙质量浓度、喷布时期与坐果率的关系进行预测。由于利用此设计方案进行果树疏花试验未见报道,因此试验方法能为其他化学疏花疏果药剂的应用研究提供参考,在生产实际中,可以根据需要,选择其中一个或多个坐果率指标,对疏花效果进行预测。

主效应、单因素、边际效应、交互效应分析结果表明,蚁酸钙对“嘎拉”苹果中心花疏除效果的影响以喷布时期较大,其可能原因是蚁酸钙制剂的疏花作用是通过抑制柱头的活性而阻止受精^[3],只对开放而未受精的花起作用,喷施时间太晚,中心花已完成授粉受精作用,进而无法达到疏花效果。对花序坐果率疏除效果的影响则以蚁酸钙质量浓度较大。两因素对“嘎拉”苹果疏花效果均表现出一定的曲线变化,都有理论最显著的点,喷布时期的影响较蚁酸钙质量浓度的影响更显著;两因素对不同坐果率指标的影响程度不同,这可能是因为不同的花朵疏除需要不同的条件,因此要根据生产实际以及果树的生长特点,选择合适的喷布时期和蚁酸钙质量浓度,以期达到更好的效果。

化学疏花疏果过程中果实的产量和品质也是需要考量的一个重要指标,有些化学药剂可以改善果实的品质^[19],有些则会,对果实品质产生负面影

响^[19-20]。因此在化学疏花疏果剂的筛选过程中,不仅要考虑花朵与幼果的疏除率,也要考虑药剂可能对果实产生的负面影响。本试验果实品质分析结果表明,在全树5%花盛开后第4天喷施8.75 g/L 蚁酸钙,果实单果质量、可溶性固形物含量、可滴定酸含量较对照有所升高,但无显著性差异,其他指标如果形指数、硬度、果锈指数、光洁指数均与对照无显著差异,说明蚁酸钙对“嘎拉”苹果果实品质无负作用,可以在生产实际中应用。但本试验仅在黄土高原苹果产区对蚁酸钙在“嘎拉”苹果上的疏花效果进行了研究,由于蚁酸钙疏花效果可能受地域、气候条件等多方面因素的影响,所以在其他地区进行应用时,蚁酸钙质量浓度和喷布时期可能会有所差异。

[参考文献]

[1] 翟 衡,史大川,束怀瑞,等.我国苹果产业发展现状与趋势[J].果树学报,2007,24(3):355-360.
Zhai H,Shi D C,Shu H R,et al. The development status and trends of China's apple industry [J]. Fruit Science,2007,24 (3):355-360. (in Chinese)

[2] David E D. Inhibition of flower bud initiation and development in apple by defoliation, gibberellic acid and crop load manipulation [D]. Blacksburg, Virginia: Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University,2002.

[3] 孟玉平,曹秋芬,横田清,等.钙化合物对苹果疏花疏果的效应[J].果树学报,2002,19(6):365-368.
Meng Y P,Cao Q F,Heng T Q,et al. Effects of different calcium compounds on apple flower thinning [J]. Journal of Fruit Science,2002,19(6):365-368. (in Chinese)

[4] 王学府,孟玉平,曹秋芬.苹果化学疏花疏果研究进展[J].果树学报,2006,23(3):437-441.
Wang X F,Meng Y P,Cao Q F. Apple flower and fruit thinning chemistry research [J]. Journal of Fruit Science,2006,23(3): 437-441. (in Chinese)

[5] Roger B L,Thompson A H. Chemical thinning of apple spur-type delicious apple trees [J]. Virginia Fruit,1969,65:23-24.

[6] Byers R E,Lons C C,Horsburgh R L. Comparisons of Sevin and Vydate for thinning apples [J]. HortiScience,1982,17: 777-778.

[7] Loone Y N E,McKellar J E. Thinning spartan apple with car-

baryl and 1-naphtaleneacetic acid: Influence of spray volume and combinations of chemicals [J]. Can J Plant Sci,1984,64: 161-166.

[8] Williams M W. Comparison of NAA and carbaryl petal-fall sprays on fruit set of apples [J]. Hort Technology,1993(3): 428-429.

[9] Yokota K, Murashita K. Flower thinning effect of synthetic auxins on Fuji apple [J]. Acta Horticulturae,1995,394:105-112.

[10] Eberta A, Kreuz C L. Chemical thinning of ‘Fuji’ apples in Southern Brazil with consideration of economic aspects [J]. Scientia Horticulturae,1988,34(12):21-32.

[11] 曹秋芬,孟玉平,横田清. MCPB-ethyl 疏花剂对富士苹果授粉受精及胚珠发育的影响 [J]. 果树学报,2003,20(1):8-11.
Cao Q F, Meng Y P, Heng T Q. Effect of flower thinning agent on Fuji apple pollination, fertilization and development of ovule [J]. Journal of Fruit Science,2003,20(1):8-11. (in Chinese).

[12] 横田清. リンゴ栽培における植物生长调节剂の利用に
する研究 [J]. 植物の化学调节,1988,23:121-130.
Heng T Q. Research the regulation and application use of cultivation in apple plant [J]. Regulation of the Plant,1988,23: 121-130. (in Japanese)

[13] 夏向东,吕飞杰,台建祥,等. 裸大麦中生育三烯酚的超临界 CO₂ 流体萃取工艺 [J]. 农业工程学报,2004,20(5):191-195.
Xia X D, Lü F J, Tai J X, et al. Technology for supercritical CO₂ fluid extraction of tocotrienols from hulless-barley [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering,2004,20(5):191-195. (in Chinese)

[14] 赵 猛,朱洪梅. 小米黄色素超声波辅助提取工艺的响应面法优化 [J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2009,37(10):181-187.

Zhao M, Zhu H M. Optimizing ultrasonic wave extraction technics of Yellow pigment from millet with response surface methodology [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition,2009,37(10):181-187. (in Chinese)

[15] Chandrika L P, Fereidoon S. Optimization of extraction of phenolic compounds from wheat using response surface methodology [J]. Food Chemistry,2005,93(1):47-56.

[16] 褚以文. 微生物培养基优化方法及其 OPTI 优化软件 [J]. 国外医药·抗生素杂志分册,1999,20(2): 58.
Chu Y W. Microbiological culture media optimization and OPTI optimization software [J]. Foreign Pharmaceutical·Antibiotics volumes,1999,20(2):58. (in Chinese)

[17] 慕运动. 响应面方法及其在食品工业中的应用 [J]. 郑州工程学院学报,2001,22(3):91.
Mu Y D. Response surface method and its application in food industry [J]. Zhengzhou Institute of Technology, 2001, 22(3):91. (in Chinese)

[18] 张军伟,傅大放,彭奇均,等. 响应面法优化酸水解稻秆制木糖的工艺参数 [J]. 农业工程学报,2009,25(11):253-257.
Zhang J W, Fu D F, Peng Q J, et al. Optimized conditions for production of xylose by acid-hydrolysis of rice straw based on response surface methodology [J]. Transactions of the CSAE,2009,25(11):253-257. (in Chinese)

[19] Alian B. The effect of fruitlet thinning of fruit quality parameters in the apple cultivar ‘Gala’ [J]. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research,2006,14(2):143-150.

[20] Gemma H. Possibility of n-propyl dihydrojasmonate application for thinning fruit, defoliation and promoting the fruit maturation as a cultural technique [J]. Acta Hort,2000,516: 57-66.

关于加入“论文网上优先数字出版”的重要启事

为缩短论文出版时间,提高作者学术成果的认可、传播和利用价值,本刊继与“中国期刊网全文数据库(《中国学术期刊(光盘版)》)”签署全文上网独家代理协议后,又于 2011 年 6 月 8 日加入“中国知网”学术期刊优先数字出版平台。因此,凡向本刊投稿的作者,如无特别说明,均被默认为作者授权编辑部在本刊印刷出版前,可以在中国学术期刊(光盘版)电子杂志社主办的“中国知网”(www. cnki. net)上优先数字出版,本刊将作者著作权使用费与稿酬一次付给。

所谓优先数字出版,是指文章在正式按期次成册印刷出版前,在网络上以单篇论文为单位、以 PDF 文档形式在线优先发表,通常比印刷提前数周或数月。在线发表即被视为正式公开出版,其不但加快了学术成果的传播速度,且为作者研究成果首发权的及时确认提供了保障。

按照优先数字出版程序,本刊将在稿件通过审核、定稿及编辑加工,并按规定格式修改完成后,先于印刷版发表在“中国知网”上。