

# 渭北苹果不同形态钾与水交互作用及品质效应研究<sup>\*</sup>

张立新, 耿增超, 李生秀

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

**[摘 要]** 1997~1998 年对渭北旱塬红富士苹果不同形态钾与水的交互作用、品质效应及耦合模型进行了研究。根据试验测定结果建立了红富士苹果产量、一级果占有率、>80% 果面红色果占有率、可溶性固形物浓度与  $KCl$ 、 $K_2SO_4$ 、 $H_2O$  3 因素之间的函数模型。通过主因素分析得出各因素对产量及品质的影响顺序为产量 ( $y_1$ ):  $x_3(H_2O) > x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl)$ ; 一级果占有率 ( $y_2$ ):  $x_3(H_2O) > x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl)$ ; >80% 果面红色果占有率 ( $y_3$ ):  $x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl) > x_3(H_2O)$ ; 可溶性固形物浓度 ( $y_4$ ):  $x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl) > x_3(H_2O)$ 。并对渭北旱塬红富士苹果不同形态钾与水交互作用及品质效应规律进行了综合研究。

**[关键词]** 红富士苹果; 不同形态钾; 交互作用; 品质效应; 渭北旱塬

**[中图分类号]** S661.106<sup>+</sup>.2; S661.107

**[文献标识码]** A **[文章编号]** 1000-2782(2002)02-0021-06

渭北旱塬海拔高, 昼夜温差大, 光照资源丰富, 是苹果的最优适生区。截止 1998 年, 苹果面积已达 5.8 万  $hm^2$ , 其中 80% 为雨养果园<sup>[1~2]</sup>。果园土壤有效钾含量虽处于中高水平, 但土壤干旱和多变的降水降低了钾的有效性, 加之苹果又是喜钾作物, 对钾的需求量较高, 因此水和钾是该地区苹果高产稳产和优质化的主要限制因子。过去人们对苹果的水分与钾肥效应曾有不少研究<sup>[3~8]</sup>, 但多偏重于水分、钾肥单独效应或特定水分条件下的不同形态钾肥效应, 而对红富士苹果不同形态钾与水分的交互作用及品质效应则鲜见报道。本研究旨在前人研究的基

础上, 对渭北旱塬不同形态钾肥与水分的交互作用规律、品质效应规律进行综合研究, 以期对渭北旱塬水分和钾肥的科学管理提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验用地

试验于 1997~1998 年在合阳县甘井镇休里村红富士苹果园进行。果园土壤为壤土,  $< 0.01 mm$  的粘粒含量为 43.3%, 质地为中壤。0~60 cm 土壤理化性状见表 1。

表 1 供试果园土壤理化性状

Table 1 The physical and chemical properties of orchard soil for the experiment

| 土壤类型<br>Soil type | 有机质/<br>( $g \cdot kg^{-1}$ )<br>O.M | 全 N/<br>( $g \cdot kg^{-1}$ )<br>Total N | 全 P/<br>( $g \cdot kg^{-1}$ )<br>Total P | 缓效 K/<br>( $mg \cdot kg^{-1}$ )<br>Lysis K | 速效 N/<br>( $mg \cdot kg^{-1}$ )<br>Avail N | 速效 $P_2O_5$ /<br>( $mg \cdot kg^{-1}$ )<br>Avail $P_2O_5$ | 速效 K/<br>( $mg \cdot kg^{-1}$ )<br>Avail K |
|-------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 壤土<br>Lou soil    | 6 740                                | 0 609                                    | 8 338                                    | 925 80                                     | 33 72                                      | 33 76                                                     | 146 3                                      |

### 1.2 试验处理

供试树种为 10~11 年生矮化红富士, 株行距 2 m  $\times$  3 m, 试验树生长健壮, 树势中庸。试验选定 3 个水分条件, 分别为不灌水、中水型(灌水量为 200  $m^3/hm^2$ , 灌溉 2 次, 分别在冬灌和膨大期进行)、高水型(灌水量为 400  $m^3/hm^2$ , 灌溉 4 次, 分别在冬

灌、花芽期、幼果期和膨大期进行)。钾肥选用  $KCl$  和  $K_2SO_4$ , 各设 3 个施肥水平( $KCl$ : 0, 1 665, 2 330  $kg/hm^2$ ;  $K_2SO_4$ : 0, 1 889, 3 778  $kg/hm^2$ )。试验共设 27 个处理, 重复 3 次, 随机区组排列, 每处理 10 株树, 小区面积 103  $m^2$ 。供试肥料氮肥选用尿素, 磷肥选用磷酸二铵, 钾肥选用加拿大产氯化钾及台湾产

<sup>\*</sup> [收稿日期] 2001-05-24

[基金项目] 国家“九五”旱农攻关项目(96-004-04-05-02)

[作者简介] 张立新(1969-), 男, 陕西韩城人, 助理研究员, 主要从事旱地农业、旱地果树水肥管理、果品产业化等方面的研究和推广工作。

硫酸钾,以环状沟施入,氮磷肥施用比例均为N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 1 : 1,施用量N 为 3 287 kg/hm<sup>2</sup>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 为 3 287 kg/hm<sup>2</sup>。具体试验方案见表 2。

果实产量于每年采收时实测,并统计一级果(> 80 mm)占有率、> 80% 果面红色果占有率。果实可溶性固形物浓度用糖分测定仪测定。苹果产量及品质指标均取 1997~ 1998 年 2 年测定数据的平均值。

果实产量于每年采收时实测,并统计一级果(>

表 2 苹果不同形态钾与水交互作用及品质效应试验方案

Table 2 The plan of experiment of interaction between water and different forms of potassium on Fuji apple in the Weibei highland

| 处理<br>Treatment | 施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Amounts of fertilizer or water |                                                  |                                   | 处理<br>Treatment | 施用量/(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Amounts of fertilizer or water |                                                  |                                   |
|-----------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
|                 | KCl(x <sub>1</sub> )                                         | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (x <sub>2</sub> ) | H <sub>2</sub> O(x <sub>3</sub> ) |                 | KCl(x <sub>1</sub> )                                         | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (x <sub>2</sub> ) | H <sub>2</sub> O(x <sub>3</sub> ) |
| 1               | 0                                                            | 0                                                | 0                                 | 15              | 1 665                                                        | 1 889                                            | 200                               |
| 2               | 1 665                                                        | 0                                                | 0                                 | 16              | 1 665                                                        | 3 778                                            | 200                               |
| 3               | 2 330                                                        | 0                                                | 0                                 | 17              | 2 330                                                        | 1 889                                            | 200                               |
| 4               | 0                                                            | 1 889                                            | 0                                 | 18              | 2 330                                                        | 3 778                                            | 200                               |
| 5               | 0                                                            | 3 778                                            | 0                                 | 19              | 0                                                            | 0                                                | 400                               |
| 6               | 1 665                                                        | 1 889                                            | 0                                 | 20              | 1 665                                                        | 0                                                | 400                               |
| 7               | 1 665                                                        | 3 778                                            | 0                                 | 21              | 2 330                                                        | 0                                                | 400                               |
| 8               | 2 330                                                        | 1 889                                            | 0                                 | 22              | 0                                                            | 1 889                                            | 400                               |
| 9               | 2 330                                                        | 3 778                                            | 0                                 | 23              | 0                                                            | 3 778                                            | 400                               |
| 10              | 0                                                            | 0                                                | 200                               | 24              | 1 665                                                        | 1 889                                            | 400                               |
| 11              | 1 665                                                        | 0                                                | 200                               | 25              | 1 665                                                        | 3 778                                            | 400                               |
| 12              | 2 330                                                        | 0                                                | 200                               | 26              | 2 330                                                        | 1 889                                            | 400                               |
| 13              | 0                                                            | 1 889                                            | 200                               | 27              | 2 330                                                        | 3 778                                            | 400                               |
| 14              | 0                                                            | 3 778                                            | 200                               |                 |                                                              |                                                  |                                   |

2 结果与分析

2. 1 产量及品质效应函数模型

渭北旱塬红富士苹果产量、一级果占有

率、> 80% 果面红色果占有率、可溶性固形物浓度的测定结果见表 3。

表 3 苹果不同形态钾与水交互作用及品质效应测定结果

Table 3 The results of experiment of interaction between water and different forms of potassium on Fuji apple in the Weibei highland

| 处理<br>Treatment | 产量(y <sub>1</sub> )/<br>(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Yield | 品质 Quality                                                                              |                                                                                                      |                                                                                | 处理<br>Treatment | 产量(y <sub>1</sub> )/<br>(kg·hm <sup>-2</sup> )<br>Yield | 品质 Quality                                                                              |                                                                                                      |                                                                                |
|-----------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                         | 一级果<br>占有率(y <sub>2</sub> )/%<br>Ratio of the<br>first grade<br>fruit (y <sub>2</sub> ) | > 80% 果面红色<br>果占有率(y <sub>3</sub> )/%<br>Ratio of > 80% of<br>red surface<br>fruit (y <sub>3</sub> ) | 可溶性固形<br>物浓度(y <sub>4</sub> )/%<br>Soluble solids<br>density (y <sub>4</sub> ) |                 |                                                         | 一级果<br>占有率(y <sub>2</sub> )/%<br>Ratio of the<br>first grade<br>fruit (y <sub>2</sub> ) | > 80% 果面红色<br>果占有率(y <sub>3</sub> )/%<br>Ratio of > 80% of<br>red surface<br>fruit (y <sub>3</sub> ) | 可溶性固形<br>物浓度(y <sub>4</sub> )/%<br>Soluble solids<br>density (y <sub>4</sub> ) |
| 1               | 21 620                                                  | 8.5                                                                                     | 14.8                                                                                                 | 14.20                                                                          | 15              | 41 315                                                  | 42.8                                                                                    | 51.4                                                                                                 | 17.49                                                                          |
| 2               | 26 445                                                  | 18.5                                                                                    | 36.6                                                                                                 | 16.70                                                                          | 16              | 45 752                                                  | 46.5                                                                                    | 53.8                                                                                                 | 18.35                                                                          |
| 3               | 24 278                                                  | 26.6                                                                                    | 42.3                                                                                                 | 15.70                                                                          | 17              | 38 646                                                  | 40.5                                                                                    | 54.8                                                                                                 | 18.65                                                                          |
| 4               | 29 318                                                  | 20.0                                                                                    | 37.0                                                                                                 | 17.20                                                                          | 18              | 40 215                                                  | 41.3                                                                                    | 55.5                                                                                                 | 17.95                                                                          |
| 5               | 34 247                                                  | 29.2                                                                                    | 43.9                                                                                                 | 17.80                                                                          | 19              | 26 213                                                  | 27.0                                                                                    | 13.5                                                                                                 | 13.00                                                                          |
| 6               | 31 410                                                  | 32.5                                                                                    | 38.0                                                                                                 | 17.28                                                                          | 20              | 34 726                                                  | 34.5                                                                                    | 42.7                                                                                                 | 16.10                                                                          |
| 7               | 33 058                                                  | 35.0                                                                                    | 44.5                                                                                                 | 17.50                                                                          | 21              | 39 058                                                  | 39.8                                                                                    | 48.8                                                                                                 | 18.15                                                                          |
| 8               | 28 850                                                  | 28.0                                                                                    | 40.6                                                                                                 | 16.75                                                                          | 22              | 40 442                                                  | 35.5                                                                                    | 43.4                                                                                                 | 17.00                                                                          |
| 9               | 29 092                                                  | 27.0                                                                                    | 38.5                                                                                                 | 16.00                                                                          | 23              | 46 328                                                  | 43.3                                                                                    | 55.0                                                                                                 | 18.64                                                                          |
| 10              | 23 735                                                  | 14.2                                                                                    | 16.2                                                                                                 | 13.45                                                                          | 24              | 51 755                                                  | 46.9                                                                                    | 57.8                                                                                                 | 18.15                                                                          |
| 11              | 30 967                                                  | 29.4                                                                                    | 40.5                                                                                                 | 17.36                                                                          | 25              | 57 335                                                  | 49.0                                                                                    | 60.7                                                                                                 | 18.70                                                                          |
| 12              | 32 559                                                  | 34.5                                                                                    | 47.8                                                                                                 | 17.88                                                                          | 26              | 56 340                                                  | 52.0                                                                                    | 63.7                                                                                                 | 18.35                                                                          |
| 13              | 34 888                                                  | 32.7                                                                                    | 41.6                                                                                                 | 17.95                                                                          | 27              | 60 085                                                  | 58.5                                                                                    | 69.5                                                                                                 | 18.85                                                                          |
| 14              | 37 205                                                  | 38.7                                                                                    | 49.0                                                                                                 | 18.00                                                                          |                 |                                                         |                                                                                         |                                                                                                      |                                                                                |

根据表 3,利用 SAS 系统中的 RSREG 过程回归模拟得出红富士苹果产量(y<sub>1</sub>)、一级果占有率(y<sub>2</sub>)、> 80% 果面红色果占有率(y<sub>3</sub>)、可溶性固形物浓度(y<sub>4</sub>)与 KCl(x<sub>1</sub>)、K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(x<sub>2</sub>)、H<sub>2</sub>O(x<sub>3</sub>) 3 因素

之间的回归模型为:

$y_1= 22\ 859+ 4\ 825\ 824x_1+ 6\ 141\ 141x_2+ 5\ 609\ 596x_3- 0\ 001\ 944- 0\ 000\ 981+ 0\ 027\ 828- 0\ 000\ 411x_1x_2+ 0\ 015\ 549x_1x_3+ 0\ 008\ 756x_2x_3$  (1)

$y_2= 8\ 932\ 318+ 0\ 009\ 4x_1+ 0\ 008\ 638x_2+ 0\ 048\ 707x_3- 0\ 000\ 001\ 524- 0\ 000\ 000\ 939- 0\ 000\ 040\ 833- 0\ 000\ 001\ 225x_1x_2+ 0\ 000\ 005\ 592x_1x_3+ 0\ 000\ 002\ 625x_2x_3$  (2)

$y_3= 17\ 230\ 123+ 0\ 011\ 61x_1+ 0\ 011\ 947x_2+ 0\ 007\ 435x_3- 0\ 000\ 000\ 794- 0\ 000\ 001\ 323- 0\ 000\ 035\ 972- 0\ 000\ 003\ 126x_1x_2+ 0\ 000\ 015\ 318x_1x_3+ 0\ 000\ 010\ 367x_2x_3$  (3)

$y_4= 14\ 219\ 932+ 0\ 001\ 557x_1+ 0\ 001\ 808x_2+ 0\ 001\ 768x_3- 0\ 000\ 000\ 251- 0\ 000\ 000\ 207- 0\ 000\ 011\ 236- 0\ 000\ 000\ 485x_1x_2+ 0\ 000\ 002\ 350x_1x_2+ 0\ 000\ 000\ 931x_2x_3$  (4)

$y_1= 22\ 859+ 4\ 825\ 824x_1+ 6\ 141\ 141x_2+ 5\ 609\ 596x_3- 0\ 000\ 411x_1x_2+ 0\ 015\ 549x_1x_3+ 0\ 008\ 756x_2x_3$  (1) ’

$y_2= 8\ 932\ 318+ 0\ 009\ 4x_1+ 0\ 008\ 638x_2+ 0\ 048\ 707x_3- 0\ 000\ 001\ 225x_1x_2+ 0\ 000\ 005\ 592x_1x_3+ 0\ 000\ 002\ 625x_2x_3$  (2) ’

$y_3= 17\ 230\ 123+ 0\ 011\ 61x_1+ 0\ 011\ 947x_2+ 0\ 007\ 435x_3- 0\ 000\ 003\ 126x_1x_2+ 0\ 000\ 015\ 318x_1x_3+ 0\ 000\ 010\ 367x_2x_3$  (3) ’

$y_4= 14\ 219\ 932+ 0\ 001\ 557x_1+ 0\ 001\ 808x_2+ 0\ 001\ 768x_3- 0\ 000\ 000\ 485x_1x_2+ 0\ 000\ 002\ 350x_1x_2+ 0\ 000\ 000\ 931x_2x_3$  (4) ’

对函数模型(1), (2), (3), (4)进行检验, 检验结果见表 4。

表 4 产量及品质函数模型检验结果

Table 4 Test results of yield and quality function model

| 函数因变量<br>Function model dependent variable |                  | 函数模型 Function model          |                                               |                                                                        |                                                     |
|--------------------------------------------|------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
|                                            |                  | (1)                          | (2)                                           | (3)                                                                    | (4)                                                 |
|                                            |                  | 产量(y <sub>1</sub> )<br>Yield | 一级果占有率(y <sub>2</sub> )<br>Ratio of the first | > 80% 果面红色果占有率(y <sub>3</sub> )<br>Ratio of > 80% of red surface fruit | 可溶性固形物浓度(y <sub>4</sub> )<br>Soluble solids density |
| 总回归<br>Total regress                       | 决定系数<br>R-square | 0.978 6                      | 0.948 1                                       | 0.974 0                                                                | 0.910 0                                             |
|                                            | F 值<br>F-ratio   | 86.175                       | 34.501                                        | 70.856                                                                 | 19.105                                              |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000                        | 0.000 0                                       | 0.000 0                                                                | 0.000 0                                             |
| 一次项<br>Linear tem                          | F 值<br>F ratio   | 220.1                        | 96.5                                          | 162.6                                                                  | 32.351                                              |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 0                      | 0.000 0                                       | 0.000 0                                                                | 0.000 0                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |
| 平方项<br>Quadratic                           | F 值<br>F ratio   | 9.900                        | 3.103                                         | 6.841                                                                  | 4.973                                               |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 5                      | 0.054 3                                       | 0.003 2                                                                | 0.011 7                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |
| 交叉项<br>Cross product                       | F 值<br>F ratio   | 28.543                       | 3.932                                         | 43.107                                                                 | 19.992                                              |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 0                      | 0.026 7                                       | 0.000 0                                                                | 0.000 0                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |
| 主因素 x <sub>1</sub><br>Main factors         | F 值<br>F ratio   | 29.004                       | 17.745                                        | 69.758                                                                 | 20.313                                              |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 0                      | 0.000 0                                       | 0.000 0                                                                | 0.000 0                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |
| x <sub>2</sub>                             | F 值<br>F ratio   | 73.840                       | 27.890                                        | 83.017                                                                 | 30.164                                              |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 0                      | 0.000 0                                       | 0.000 0                                                                | 0.000 0                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |
| x <sub>3</sub>                             | F 值<br>F ratio   | 112.5                        | 34.942                                        | 38.981                                                                 | 0.000 0                                             |
|                                            | 显著水平<br>Prob> F  | 0.000 0                      | 0.000 0                                       | 0.000 0                                                                | 0.001 1                                             |
|                                            |                  |                              |                                               |                                                                        |                                                     |

从表4可见,函数模型(1),(2),(3),(4)的总回归均达显著或极显著标准,确能反映产量、一级果占有率、>80%果面红色果占有率、可溶性固形物浓度的变化过程,因此利用该模型计算的结果接近实际数值,可作为研究红富士苹果水钾交互作用及品质效应的指标数据。

函数模型的一次项均达极显著标准,平方项不显著,可将平方项进行消项处理,得到方程(1)';(2)';(3)';(4)';交叉项除模型(2)外,均达显著标准,说明 $x_1, x_2, x_3$ 对产量、一级果占有率、>80%果面红色果占有率、可溶性固形物浓度影响较大,水钾交互作用对产量、>80%果面红色果占有率、可溶性固形物浓度影响较大。从主因素检验结果看,各因素对产量及品质影响顺序为( $y_1$ ): $x_3(\text{H}_2\text{O}) > x_2(\text{K}_2\text{SO}_4) > x_1(\text{KCl})$ ;一级果占有率( $y_2$ ): $x_3(\text{H}_2\text{O}) > x_2(\text{K}_2\text{SO}_4) > x_1(\text{KCl})$ ; >80%果面红色果占有率( $y_3$ ): $x_2(\text{K}_2\text{SO}_4) > x_1(\text{KCl}) > x_3(\text{H}_2\text{O})$ ;可溶性固形物浓度( $y_4$ ): $x_2(\text{K}_2\text{SO}_4) > x_1(\text{KCl}) > x_3(\text{H}_2\text{O})$ 。

## 2.2 水钾交互作用及品质效应规律

选取不同灌水量即高水条件( $400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ),中水条件( $200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )和不灌水( $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ),计算各灌水量在高 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ( $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ),中 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ( $1\ 889 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ),不施 $\text{K}_2\text{SO}_4$ ( $0 \text{ kg}/\text{hm}^2$ )水平下增施KCl

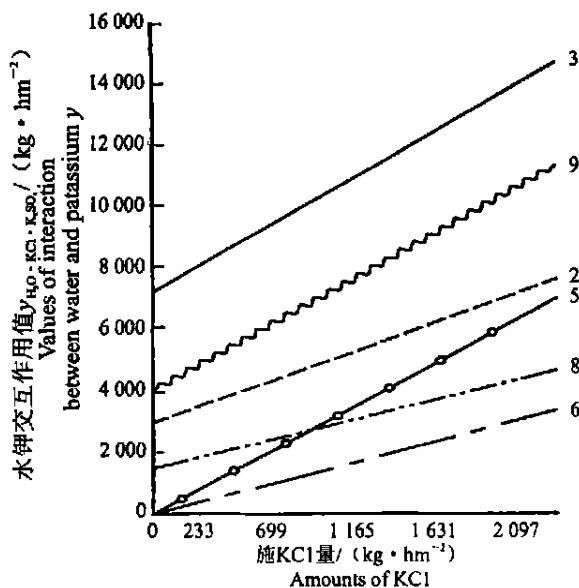


图1 红富士苹果水钾交互作用  
Fig. 1 Interaction between water and potassium of Fuji apple

1.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 2.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 3.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;
4.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $0 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 5.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 6.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $3\ 778 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;
7.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $1\ 889 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $0 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 8.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $1\ 889 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $200 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ; 9.  $\text{K}_2\text{SO}_4$   $1\ 889 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$   $400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ ;

图3,图4同图1,图2 The fig. 3, fig. 4 are the same as fig. 1 and fig. 2

的水钾交互作用值( $y_{\text{H}_2\text{O} \cdot \text{KCl} \cdot \text{K}_2\text{SO}_4}$ )、一级果占有率( $y_2$ )、>80%果面红色果占有率( $y_3$ )、可溶性固形物浓度( $y_4$ ),研究红富士苹果水钾交互作用及品质效应规律( $\text{KCl}$ 施用量为 $0 \sim 2\ 330 \text{ kg}/\text{hm}^2$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 施用量为 $0 \sim 3\ 770 \text{ kg}/\text{hm}^2$ , 灌水量 $0 \sim 400 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ )。

2.2.1 水钾交互作用规律 从图1可看出,在不灌水条件下,水钾交互作用值为零;在灌水条件下,水钾交互作用值均为正值,表现出明显的正交互作用。在相同灌水量和相同施 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 水平下,水钾交互作用图均为线型,水钾交互作用值随 $\text{KCl}$ 增加线性增加;相同灌水量和相同施 $\text{KCl}$ 水平下,水钾交互作用值随施 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 量增加呈增加趋势;相同施 $\text{KCl}$ 条件下,水钾交互作用值随灌水量增大而增加;水钾配合时, $\text{KCl}$ ,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ 分别与 $\text{H}_2\text{O}$ 交互作用为协同作用类型,三因素配合时加和交互作用为协同作用类型,对总产量效应起促进作用,在生产上表现出明显的增产效果。

2.2.2 一级果占有率( $y_2$ )效应规律 从图2可看出,一级果占有率( $y_2$ )的效应曲线均为抛物线型。在不同灌水量和施 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 水平下, $y_2$ 随 $\text{KCl}$ 施用量的增加而增加,相同灌水量、相同施 $\text{KCl}$ 水平下, $y_2$ 随 $\text{K}_2\text{SO}_4$ 施用量增加而增加,相同施钾水平下, $y_2$ 随灌水量增加而增加。

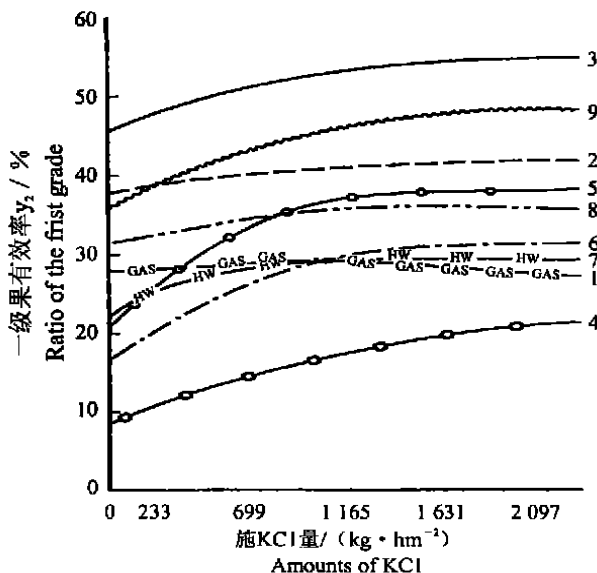


图2 红富士苹果一级果占有率  
Fig. 2 Ratio of the first grade fruit of Fuji apple

### 2.2.3 > 80% 果面红色果占有率( $y_3$ ) 效应规律

从图3可以看出, > 80% 果面红色果( $y_3$ ) 效应曲线均呈抛物线型。在不灌水而高  $K_2SO_4$  条件下,  $y_3$  随 KCl 的增加而减少, 其他条件下随 KCl 的增加而呈增加趋势。相同灌水量和相同施 KCl 水平下,  $y_3$  随  $K_2SO_4$  的增加呈现不同的规律, 在不灌水条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 1\,404\text{ kg/hm}^2$ ,  $y_3$  随  $K_2SO_4$  增加而增加, 施 KCl 量为  $1\,404 \sim 2\,213\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  呈现先升高后降低的变化规律。在中水条件( $200\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ) 下, 施 KCl 量为  $0 \sim 2\,086\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  随  $K_2SO_4$  增加而增加, 施 KCl 量为  $2\,086 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  呈现先升高后降低的变化规律。在高水条件( $400\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ) 下, 施 KCl 量为  $0 \sim 2\,247\text{ kg/hm}^2$ ,  $y_3$  随  $K_2SO_4$  增加而增加, 施 KCl 量为  $2\,247 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  呈现先升高后降低的变化规律。相同施钾水平下,  $y_3$  随灌水量的增加呈现不同的规律, 在不施  $K_2SO_4$  的条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 454\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  随灌水量增加而增加, 施 KCl 量为  $454 \sim 924\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  呈现先升高后降低的变化规律, 施 KCl 量为  $924 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_3$  随灌水量增加而增加。

2.2.4 可溶性固形物浓度效应规律 从图4可以看出, 可溶性固形物浓度( $y_4$ ) 效应曲线均为抛物线型。在不施  $K_2SO_4$ , 不同灌水条件下,  $y_4$  随 KCl 的增加而增加。在中  $K_2SO_4$ 、不灌水和中水条件下,  $y_4$  随

KCl 的增加先增加后减少, 高水条件下,  $y_4$  随 KCl 的增加而增加。在高  $K_2SO_4$ , 不灌水条件下,  $y_4$  随 KCl 的增加而减少, 中高水条件下,  $y_4$  随 KCl 的增加先增加后减少。在相同灌水量和相同 KCl 水平下,  $y_4$  随  $K_2SO_4$  的增加呈现不同的规律。在不灌水条件下,  $y_4$  随  $K_2SO_4$  的增加而增加; 中水条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 1\,310\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随  $K_2SO_4$  增加而增加, 施 KCl 量为  $1\,310 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律; 高水条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 1\,688\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随  $K_2SO_4$  增加而增加, 施 KCl 量为  $1\,688 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律。在相同施钾条件下,  $y_4$  随灌水量的增加呈现不同的规律。不施  $K_2SO_4$  条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 12\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随灌水量的增加而降低, 施 KCl 量为  $12 \sim 1\,064\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律, 施 KCl 量为  $1\,064 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随灌水量的增加而增加; 在中  $K_2SO_4$  条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 409\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律, 施 KCl 量为  $409 \sim 1\,367\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律, 施 KCl 量为  $1\,367 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随灌水量的增加而增加; 在高  $K_2SO_4$  条件下, 施 KCl 量为  $0 \sim 600\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  呈现先升高后降低的变化规律, 施 KCl 量为  $600 \sim 2\,330\text{ kg/hm}^2$  时,  $y_4$  随灌水量的增加而增加。

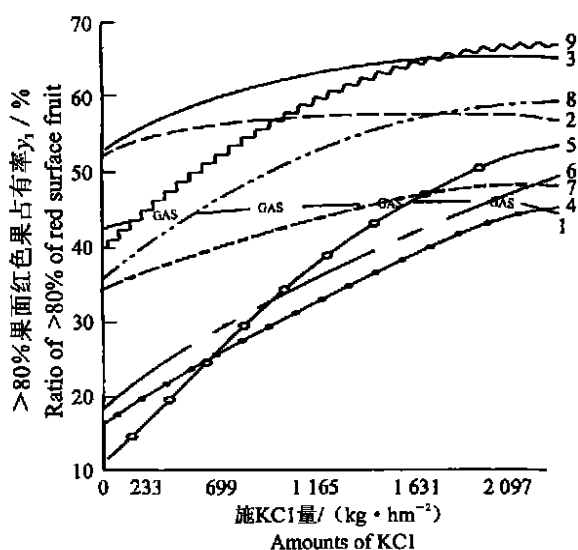


图3 红富士苹果> 80% 果面红色果占有率

Fig 3 Ratio of > 80% of red surface fruit of Fuji apple

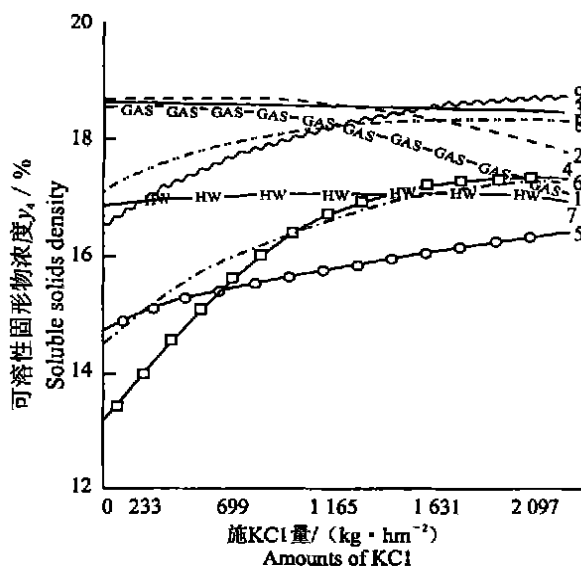


图4 红富士苹果可溶性固形物浓度

Fig 4 Soluble solids density of Fuji apple

### 3 小 结

1)  $KCl$ ,  $K_2SO_4$ ,  $H_2O$  3 因素对渭北旱塬红富士苹果产量及品质的影响顺序为:  $(y_1): x_3(H_2O) > x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl)$ ; 一级果占有率  $(y_2): x_3(H_2O) > x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl)$ ;  $> 80\%$  果面红色果占有率  $(y_3): x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl) > x_3(H_2O)$ ; 可溶性固形物浓度  $(y_4): x_2(K_2SO_4) > x_1(KCl) > x_3(H_2O)$ 。

2) 不同灌水量和施  $K_2SO_4$  水平下, 随  $KCl$  的增

加, 水钾交互作用呈直线型, 一级果占有率  $> 80\%$  果面红色占有率及可溶性固形物浓度效应曲线均呈抛物线型。

3) 产量、一级果占有率与  $x_1(KCl)$ 、 $x_2(K_2SO_4)$ 、 $x_3(H_2O)$  分别呈正相关,  $> 80\%$  果面红色占有率和可溶性固形物浓度与  $x_1(KCl)$ 、 $x_2(K_2SO_4)$ 、 $x_3(H_2O)$  在不同施  $KCl$  范围内分别呈现不同的效应规律。

### [参考文献]

- [1] '98 陕西统计年鉴[R]. 北京: 中国统计出版社, 1998
- [2] 赵政阳, 付润民, 王福成 陕西苹果品种现状、存在问题及发展对策[J]. 西北园艺, 1998(1): 2- 3
- [3] 耿玉韬 苹果优质高产关键技术[M]. 郑州: 河南科学技术出版社, 1996
- [4] 钟 平 钾对果树产量和果实质量的影响[J]. 中国果树, 1994, (1): 40- 41
- [5] 杨儒林, 冯思坤 国光苹果氯化钾施用技术效果研究[J]. 中国果树, 1994, (2): 25
- [6] 冯思坤, 杨儒林 两种钾肥肥效对比试验[J]. 北方果树, 1989(3): 10- 11
- [7] 张立新, 赵志勋 渭北旱原红富士苹果园不同降水年型水分管理模式研究[J]. 干旱地区农业研究, 2001, 19(1): 26- 32
- [8] Cething P A, 张福锁, 刘全清 主要作物的推荐施钾技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993

## Research on interaction between water and different forms of potassium and quality responses of Fuji apple on Weibei rainfed highland

ZHANG L i-x i n, GENG Zeng-chao, L I Sheng-x i u

(College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

**Abstract:** Interaction between water and different forms of potassium, quality responses and coupled model of Fuji apple on Weibei rainfed highland in 1997- 1998 were studied According to the results of experiment, the yield, ratio of the first grade fruit, ratio of  $> 80\%$  of red surface fruit and soluble solids density function model were set up. Based on the analysis of main factors of the function model, the yield responses of Fuji apple to the three factors were in order of  $H_2O > K_2SO_4 > KCl$ , ratio of the first grade fruit responses in order of  $H_2O > K_2SO_4 > KCl$ , ratio of  $> 80\%$  of red surface fruit responses in order of  $K_2SO_4 > KCl > H_2O$ , and soluble solids density responses in order of  $K_2SO_4 > KCl > H_2O$ . The comprehensive analysis of laws of interaction between water and different forms of potassium and fruit quality responses of Fuji apple on Weibei rainfed highland were carried out

**Key words:** Fuji apple; different forms of potassium; interaction; quality responses; Weibei rainfed highland