

渭北旱塬矮化富士苹果幼树 N, K 营养状况分析*

王进鑫¹, 张晓鹏², 高保山², 王 健¹

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 采用 311-A 最优混合设计, 以有机肥、无机肥(m_N $m_{P_2O_5}$ $m_{K_2O} = 1 \ 0 \ 7 \ 1$)和补充灌水量为主要因子, 通过田间试验和室内叶分析, 对无病毒矮化红富士苹果树体的 N, K 营养状况进行了研究。结果表明, 在渭北旱塬南缘, 红富士苹果幼园不施肥或施肥不足, 均会造成树体 N, K 营养缺乏, 成为影响幼树生长发育的主要限制因子, 其中以 N 素缺乏尤为严重; 在中量施肥条件下, N, K 营养均为非限制性因素, 但补充灌水量能提高养分的有效性。对树体生长、发育和营养状况进行综合分析后确定, 渭北旱塬南缘矮化红富士幼树的最适施肥量、灌水量分别为: 有机肥 20 000~ 24 536 kg/hm², 无机肥 N, K₂O 均为 376 90~ 501.2 kg/hm², P₂O₅ 263.80~ 350.84 kg/hm², 平水年补充灌水量为 24.8~ 61.8 mm, 丰水年可不进行补充灌水。

[关键词] 渭北旱塬; 矮化红富士; 氮; 钾; 水肥耦合效应

[中图分类号] S661.106

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2004)10-0020-05

海拔 800~ 1 200 m 的渭北黄土高原地区是苹果的最佳适生栽培区域。据统计, 该区 22 个县(市)苹果栽培面积已达 26.7 万 hm², 其中红富士栽培面积约占 50% 左右, 苹果业已成为该区强大的绿色支柱产业^[1,2]。然而, 由于缺乏合理的施肥、灌水技术和量化指标, 肥水投入不当, 果树水肥营养失调, 致使该区红富士苹果的初果期晚, 产量低而不稳, 果树生产潜力未能充分发挥。这一现象在以秦冠等老品种占主导地位的渭北旱塬南缘尤为突出^[3,4]。农业部全国土肥总站和陕西省土肥站协作, 对白水、凤翔、礼泉、耀县和洛川 5 县红富士苹果的施肥情况进行了调查, 发现超量施肥比较普遍, 用肥比例不合理, 低 K 和不施 K 肥的果园占 77%^[5]。本研究试图通过叶分析方法, 对不同施肥、灌水条件下矮化红富士苹果幼树的树体营养状况进行分析, 以期对渭北旱塬矮化红富士苹果的合理施肥、灌水和优质、稳产提供依据。

1 试验园概况

园地位于渭北旱塬南部、高原台塬过渡区的淳化县泥河沟试区。建园前土地利用类型属农地, 地势平坦。土壤为黄壤土, 质地中壤。1996 年秋按 3 m 行距开挖定植带(宽 1.0 m, 深 0.8 m)。开挖时, 表土

与心土分别堆放于沟的两侧; 填土时, 心土施作物秸秆 22 500~ 30 000 t/hm², 先行填入, 表土施纯羊粪 12 000 t/hm²。次年春季, 按 2 m × 3 m 株行距开挖定植穴, 每穴施过磷酸钙 100 g 和磷铵 50 g, 采用 30 cm 见方的 1+1 型根坨苗栽植建园, 栽后灌透水 1 次。苗木成活率和保存率均为 100%。本试验从栽植后第 1 年(1997 年)秋季开始。

2 材料与方法

2.1 试验材料

苹果苗由原西北农业大学国家一级无病毒化苗木生产基地提供, 系矮化长富 2 无病毒苗(一级), 中间砧为 M₂₆, 基砧为塞威氏苹果(*Malus sieversii* Ledeb.)。有机肥按混合肥设计, 施用依肥源不同按有效成分折算^[6]; N 肥为尿素, P 肥为过磷酸钙, K 肥为硫酸钾, 施用量均按 N, P₂O₅, K₂O 有效成分计算。灌水采用渗灌法。

2.2 试验设计

采用 311-A 最优混合设计^[7], 以有机肥、无机肥(m_N $m_{P_2O_5}$ $m_{K_2O} = 1 \ 0 \ 7 \ 1$)和补充灌水量为试验因素, 每个因素分设 5 个水平(表 1)。其中, 有机肥和无机肥用量依据果树生长发育阶段的不同分别确定, 即幼年期实际施用量为设计用量的 1/3; 初果

* [收稿日期] 2003-10-10

[基金项目] 国家“九五”重点科技攻关项目(96-004-05-07); 国家重点基础研究发展规划项目(G1999043602); 西北农林科技大学回国人员科研启动基金项目(080804)

[作者简介] 王进鑫(1962-), 男, 甘肃镇原人, 副教授, 博士, 主要从事旱区人工生态系统水分运移调控与生物节水理论技术研究。

期(3~ 4 年)为 2/3, 5 年以后达到设计用量。本试验属第一阶段, 实际用量取 1/3(表 1 中 Z_1, Z_2)。为了防止各处理之间的相互影响, 按补充灌水量由小到大, 将全部处理划分为 5 个分区。各分区间用 3 层塑料农膜隔离(深 1.5 m)。同一分区不同施肥处理间设置保护带(施肥量与相邻小区相同), 2 次重复。

表 1 红富士苹果幼树水肥耦合效应试验设计方案

Table 1 The layout of water-fertilizer coupling effects for dwarfing red Fuji apple tree

处理 Treat- ment	有机肥 Organic manure			无机肥 Inorganic fertilizer			补充灌水量 Supplementary irrigation	
	因子编码 X_1 Coding	设计用量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Designed application rates	实际用量 Z_1 / ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Actual application rates	因子编码 X_2 Coding	设计用量/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Designed application rates	实际用量 Z_2 / ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Actual application rates	因子编码 X_3 Coding	实际用量 Z_3 / ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) Actual application rates
1	0	60 000	20 000	0	900	300	2	200
2	0	60 000	20 000	0	900	300	- 2	0
3	- 1. 414	38 790	12 930	- 1. 414	369. 75	123. 25	1	150
4	1. 414	81 210	27 070	- 1. 414	369. 75	123. 25	1	150
5	- 1. 414	38 790	12 930	1. 414	1 430. 25	476. 75	1	150
6	1. 414	81 210	27 070	1. 414	1 430. 25	476. 75	1	150
7	2	90 000	30 000	0	900	300	- 1	50
8	- 2	30 000	10 000	0	900	300	- 1	50
9	0	60 000	20 000	2	1 650	550	- 1	50
10	0	60 000	20 000	- 2	150	50	- 1	50
11	0	60 000	20 000	0	900	300	0	100
CK	/	0	0	/	0	0	/	0
编码公式 Coding formula		$X_1 = \frac{Z_1 - 20\,000}{5\,000}$			$X_2 = \frac{Z_2 - 300}{125}$		$X_3 = \frac{Z_3 - 100}{50}$	

注: 无机肥用量以 N 肥施用量表示, P_2O_5 和 K_2O 用量分别由 N 肥施用量乘以系数 0.7 和 1 算得。
Note: The application rate of inorganic fertilizer is expressed with the nitrogen, and N multiplying 0.7 and 1 get the application rates for P_2O_5 and K_2O .

有机肥按实际施用量, 于先年的秋季结合深翻扩穴一次施入; 无机肥依据幼树的生长特点和需肥特性于生长期分期施入, 其中 N, K 于 3~ 4 月、6 月中下旬和 9~ 11 月(混入有机肥)分 3 次施入; P 肥分别于 6 月中下旬和 9~ 11 月分 2 次施入。补充灌水分分别在春季幼树萌芽期、春梢旺长期和后期高温阶段进行(依水分监测情况决定), 采用渗灌法, 灌水量用水表计量, 各时期灌水量约为总量的 1/3。

2.3 观测项目与方法

土壤水分状况监测用烘干法(0~ 20 cm)与中子水分测定仪测定相结合进行。每一分区设测管 1 根, 深度 100 cm, 按 20 cm 的层间距分层观测。树体 N, K 营养状况采用叶分析法^[8~ 10], 每处理按相同叶序(发育枝第 7~ 9 片叶)摘取叶 30 片, 重复 2 次, 称量鲜重并带回室内洗净、烘干称重, 即可算得平均单位叶干重; 烘干样品粉碎、装瓶, 用凯氏消煮法溶样, 碱解扩散吸收法测 N, 火焰光度法测 K。

2.4 树体 N, K 营养状况诊断方法

采用向量分析法。该方法是一种评价养分状况的图解法, 它将单位叶重(Z)、叶中养分含量(X)和养分质量分数(Y)有机结合起来, 其关系可表示为:

$X = f(Y, Z)$, 即单位叶中养分含量等于叶中养分质量分数与单位叶中干物质质量的乘积。其诊断图解详见文献[11~ 13]。图中对角型斜线表示当 Z 保持不变时, Y 随 X 变化的等值线, 诊断分析中, 以参比对象为基础, 将单位叶重(Z)、叶中养分含量(X)和养分质量分数(Y)3 个参数分别进行标准化, 转变为相对参数。其中, 参比对象定为 100。诊断对象的 3 个参数中任意一个与参比对象的相对差异, 均以增加(+), 减少(-)或不变(0)表示方向性位移。

3 结果与分析

3.1 不同施肥灌水条件下幼树叶片生长与 N, K 营养状况分析结果

不同水肥处理的幼树, 其叶片 N, K 营养分析结果见表 2。从表 2 中单位叶片干重可以看出, 不施肥、不灌水的对照(CK), 其叶生物量最低; 而施肥、灌水处理幼树的叶生物量则有明显增加, 其增幅为 3.14%~ 16.97%。生长最好的有处理 1, 6, 7, 9, 11, 2 和 5; 最差的除 CK 外, 尚有处理 3, 10 和 4。这一结果与幼树田间长势和新梢生长量的调查结果基本一致^[14]。

表 2 不同水肥处理的幼树叶片 N、K 营养分析结果

Table 2 The results of foliar analysis under different treatment conditions

处理号 Treatments	叶干重/ (g · 叶 ⁻¹) Leaf dry weight	N 质量分数/ (mg · g ⁻¹) Nitrogen concentration	N 含量/ (mg · 叶 ⁻¹) Nitrogen content	K 质量分数/ (mg · g ⁻¹) Potassium concentration	K 含量/ (mg · 叶 ⁻¹) Potassium content
1	0.314	22.6	7.10	13.2	4.15
2	0.310	22.8	7.07	13.2	4.09
3	0.277	19.5	5.40	12.8	3.55
4	0.289	20.5	5.93	13.0	3.76
5	0.309	22.1	6.84	13.2	4.08
6	0.311	23.7	7.37	13.6	4.23
7	0.311	23.0	7.15	13.0	4.04
8	0.306	20.8	6.37	12.9	3.95
9	0.311	24.2	7.52	13.8	4.29
10	0.278	20.1	5.60	12.5	3.48
11	0.311	22.8	7.08	13.2	4.10
CK	0.269	13.4	3.60	8.2	2.20

3.2 中量施肥不同灌水条件下幼树营养状况

由表 1 可知, 处理 2, 11 和 1 施肥量均相同, 其中有机肥 20 000 kg/hm², N 300 kg/hm², P₂O₅ 210 kg/hm², K₂O 300 kg/hm², 但补充灌水量不同, 分别为 0, 100 和 200 mm。若以不灌水的处理 2 为诊断对象, 以处理 11 和处理 1 作为参比对象, 即可绘出其向量诊断图 1(a)。从图 1(a)可以看出, 在中量施肥

条件下, 无论灌水与否, 幼树 K 素营养充分; N 素营养在补充灌水量为 200 mm 时, 发生稀释作用, 但 N, K 营养均为非限制性因素。从向量大小看, 随补充灌水量的增加, N, K 营养吸收量均相应增大。说明补充灌水提高了养分的有效性, 但由于该年度降水充沛, 补充灌水对幼树叶片生物量和树体营养水平的影响幅度并不大。

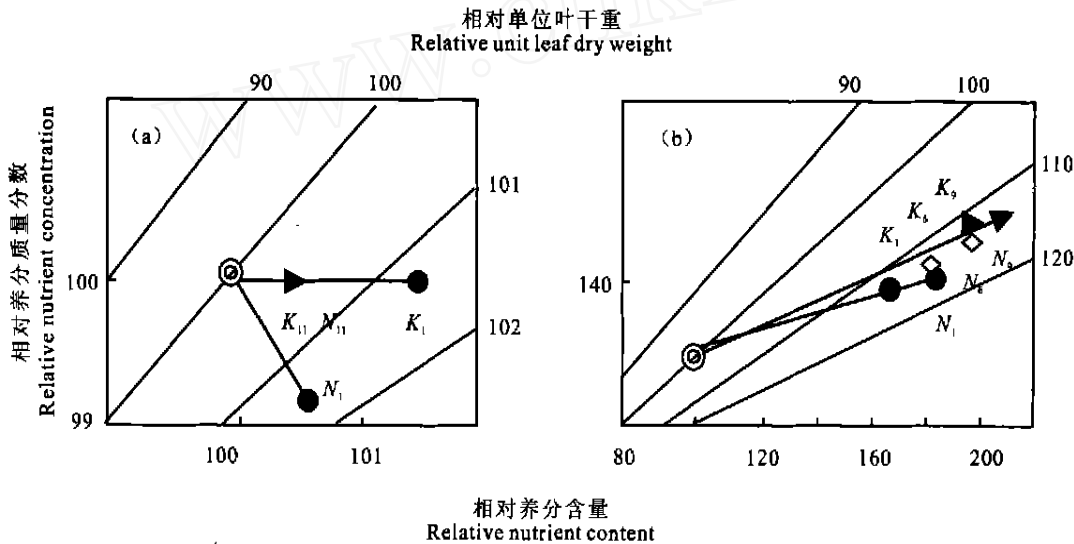


图 1 矮化红富士幼树 N、K 营养状况向量诊断图

- (a). 中量施肥不同灌水处理; N_1, K_1 和 N_{11}, K_{11} 分别代表处理 1 和处理 11 的相对 N、K 含量和质量分数; ○: 处理 2; ●: 处理 1; ▲: 处理 11
- (b). 空白对照(CK)与施肥灌水处理; $N_1, K_1, N_6, K_6, N_9, K_9$ 分别代表处理 1、处理 6 和处理 9 的相对 N、K 含量和质量分数; ○: 对照; .: 处理 6; ▲: 处理 9; ●: 处理 1

Fig. 1 Vector nomograph of the relative foliar dry weight and nutrient concentration and content of dwarfing red Fuji apple tree under different treatments

- (a). Moderate application of fertilizer and different supplementary irrigation; N_1, K_1, N_{11} and K_{11} stands for the relative nutrient content and concentration of nitrogen and potassium for treatment 1 and treatment 11, respectively;
- : Treatment 2; ●: Treatment 1; ▲: Treatment 11
- (b). Black test and different water-fertilizer treatments; N_1, K_1, N_6, K_6, N_9 and K_9 stands for the relative nutrient content and concentration of nitrogen and potassium for treatment 1, treatment 6 and treatment 9, respectively;
- : CK; .: Treatment 6; ▲: Treatment 9; ●: Treatment 1

3 3 未施肥未灌水条件下幼树的营养状况

图 1(b) 是以未施肥、未灌水的 CK 为诊断对象, 以不同水肥处理条件下生长状况较好的处理 1, 6 和 9 为参比对象所作的诊断图。从图 1(b) 可以看出, CK 幼树 N, K 营养明显缺乏, 成为幼树生长的主要限制性因子, 其中 N 素缺乏尤为严重。从 3 个参比对象来看, 处理 6 和 9 的 N, K 营养水平较为接近, 处理 1 则略小, 表明树体营养水平与无机肥用量成正相关趋势。

3 4 相同灌水不同施肥条件下幼树的营养状况

分别以生长量较差的处理 10, 3 和 4 的幼树为诊断对象, 以与诊断对象具有不同无机肥施用量(灌水和基肥施用量均相同)且生长较好的处理 9, 5 和 6 的幼树为参比对象, 进行分析诊断(图 2)。从图 2

可以看出, 处理 10, 3 和 4 的幼树其 N, K 营养均处于限制性亏缺状态, 尤以 N 素缺乏较为严重, K 次之。在补充灌水 50~ 150 mm 时, 3 个生长较好的处理有机肥施用量为 12 930~ 27 070 kg/hm², 均值为 20 000 kg/hm²; 无机肥施用量 N, K₂O 为 476 65~ 550 kg/hm², 均值 501. 2 kg/hm²; P₂O₅ 为 333 7~ 385 kg/hm², 均值为 350 8 kg/hm²。该施肥水平与春梢生长量最好的施肥组合(有机肥 24 536 kg/hm², 无机肥 N, K₂O 均为 459 86 kg/hm², P₂O₅ 321. 90 kg/hm², 补充灌水 35 86 mm^[14])相比, 有机肥低 18. 5%, 无机肥高 8. 9%; 与中量施肥相比, 无机肥高 67. 1%, 但对补充灌水量 200 mm 的处理, 则有助于缓解 N 的稀释效应。

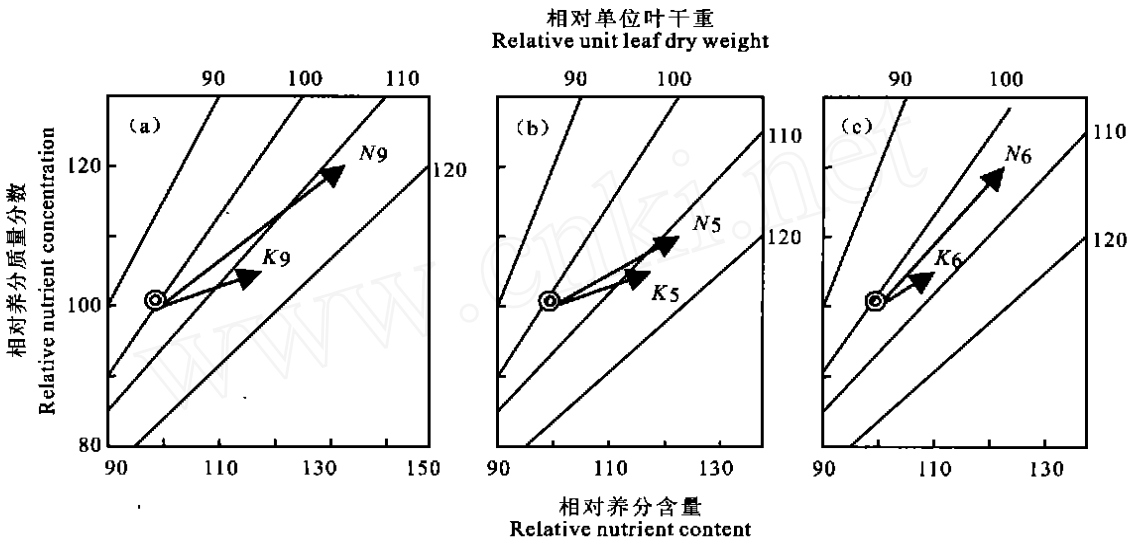


图 2 相同灌水量不同施肥条件下幼树 N, K 营养向量诊断图

- (a). 灌水 50 mm, 有机肥 20 000 kg/hm², 无机肥不同; N₉, K₉ 代表处理 9 的相对 N, K 含量和质量分数; ○: 处理 10; ▲: 处理 9
- (b). 灌水 150 mm, 有机肥 12 930 kg/hm², 无机肥不同; N₅, K₅ 代表处理 5 的相对 N, K 含量和质量分数; ○: 处理 3; ▲: 处理 5
- (c). 灌水 150 mm, 有机肥 27 070 kg/hm², 无机肥不同; N₆, K₆ 代表处理 6 的相对 N, K 含量和质量分数; ○: 处理 4; ▲: 处理 6

Fig 2 Vector nomograph of the relative foliar dry weight and nutrient concentration and content of dwarfing red Fuji apple tree under different treatments

- (a). 50 mm irrigation, 20 000 kg/hm² organic manure, different in inorganic fertilizer; N₉, K₉ stands for the relative nutrient content and concentration of nitrogen and potassium for treatment 9, respectively; ○: Treatment 10; ▲: Treatment 9
- (b). 150 mm irrigation, 12 930 kg/hm² organic manure, different in inorganic fertilizer; N₅, K₅ stands for the relative nutrient content and concentration of nitrogen and potassium for treatment 5, respectively; ○: Treatment 3; ▲: Treatment 5
- (c). 150 mm irrigation, 27 070 kg/hm² organic manure, different in inorganic fertilizer; N₆, K₆ stands for the relative nutrient content and concentration of nitrogen and potassium for treatment 6, respectively; ○: Treatment 4; ▲: Treatment 6

综上所述, 在渭北旱塬南缘高原台塬过渡区, 增施有机肥 20 000~ 24 536 kg/hm², 无机肥 N, K₂O 各 376 90~ 501. 2 kg/hm², P₂O₅ 263 80~ 350 84 kg/hm², 即可维持矮化红富士幼树的树体营养平衡, 促进幼树新梢的生长和提早开花结实。

4 结 论

1) 渭北旱塬南缘红富士苹果幼园不施肥或施肥不足, 均会造成树体 N, K 营养缺乏, 成为影响幼树生长发育的主要限制因子。在不施肥条件下, N 素缺乏尤为严重。

2) 在中量施肥条件下, 无论灌水与否, 幼树 K 素营养充分; N 素营养在补充灌水量较大(200 mm) 时, 发生稀释作用, 但 N, K 营养均为非限制性因素。随补充灌水量增加, N, K 营养吸收量均相应增大, 养分的有效性增强。

3) 水肥耦合生长效应与叶分析结果表明, 渭北

旱塬南缘矮化红富士幼树适宜施肥量为: 有机肥 20 000~ 24 536 kg/hm², 无机肥 N, K₂O 均为 376 90~ 501 2 kg/hm², P₂O₅ 263 80~ 350 84 kg/hm²。

4) 由于田间试验受天然降水年际变率的影响, 对偏旱年份尚需进一步研究。

[参考文献]

- [1] 杨立新, 刘慧娥 对陕西苹果发展的建议[J]. 陕西农业科学, 1997, (1): 40- 42
- [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] 马锋旺 试论陕西苹果发展的问题与对策[J]. 西北园艺, 1994, (3): 1- 2
- [4] 王进鑫, 刘秉正 抓住西部开发机遇 创建绿色苹果基地——渭北塬区苹果产业持续发展之管见[J]. 水土保持研究, 2000, (1): 63- 68
- [5] 隋鹏飞, 史进元, 李文祥 陕西红富士苹果果园施肥调查[J]. 土壤肥料, 1995, (1): 35- 37
- [6] 李培华, 汪景彦, 潘建裕, 等 苹果和梨优质高产栽培技术[M]. 北京: 金盾出版社, 1989 74- 82
- [7] 白厚义, 肖俊璋 试验研究及统计分析[M]. 西安: 世界图书出版公司西安分公司, 1998
- [8] van den Driessche R. Prediction of mineral nutrient status of trees by foliar analysis[J]. Bot Rev, 1974, 40: 347- 352
- [9] [日]青木二郎 苹果的研究[M]. 曲泽洲, 刘汝诚, 译 北京: 农业出版社, 1984 277- 288
- [10] Shear C B, Crane H L, Myers A T. Nutrient-element balance: application of the concept to the interpretation of foliar analysis[J]. Am Soc Hort Sci, 1948, 51: 319
- [11] Haase D L, Rose R. Vector analysis and its use for interpreting plant nutrient shifts in response to silvicultural treatments[J]. Forest Science, 1995, 41(1): 54- 66
- [12] Timmer V R, Miller B D. Effect of contrasting fertilization and moisture regimes on biomass, nutrients and water relations of container grown red pine seedlings[J]. New Forests, 1991, (5): 335- 348
- [13] Timmer V R, Armstrong G. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* seedlings at varying moisture regimes[J]. New Forests, 1989, (3): 171- 180
- [14] 吴发启 南部高原台塬过渡区高产型粮果林发展研究技术总结报告[R]. 陕西杨凌: 西北农林科技大学资源环境学院, 2000

N and K nutrient status of dwarfing red Fuji apple young tree under different fertilizer and irrigation conditions

WANG Jin-xin¹, ZHANG Xiao-peng², GAO Bao-shan², WANG Jian¹

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

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

Abstract: 311-A optimization composite design and foliar analysis were used to study water-fertilizer coupling effects on dwarfing red Fuji apple tree in juvenile period. The results showed that a rational application of fertilizer and water could improve nutrient status of nitrogen and potassium in the tree. A biotrophy resulting from soil fertility in adequacy is a main limiting factor of growth and development of the trees in the region, especially nitrogen deficiency under the CK conditions. At moderate rates of fertilizer application, nutrient status of the trees is good, at the same time, the availability of nitrogen and potassium nutrient increases with the increasing of irrigation rates. Comprehensive analysis indicated that the rational application fertilizer and water for 1- 3 years old dwarfing red Fuji apple tree in the region is farmyard manure 20 000- 24 536 kg/hm², P₂O₅ 263 80- 350 84 kg/hm², N and K₂O 376 90- 501 2 kg/hm², respectively, and supplemental irrigation 24 8- 61.8 mm in normal year and non-irrigation in wet year.

Key words: WeiBei arid region; dwarfing red Fuji apple tree; N; K; water-fertilizer coupling effects