

# 水氮耦合对南疆红富士苹果产量的影响

孙霞, 柴仲平, 蒋平安

(新疆农业大学 草业与环境科学学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:**采用二因子五水平二次回归正交旋转组合设计,建立了灌水量、施氮量对新疆南部红富士苹果产量的数学模型。结果表明:二因子对苹果产量的耦合作用为正效应,表现为氮素效应大于水分效应。以苹果产量为目标时,各个因素的最佳组合为:灌溉水量  $5\,914.34\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,氮肥施入量  $390.09\text{ kg}/\text{hm}^2$ ,此时苹果产量达  $66\,008.75\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。

**关键词:**苹果;水氮耦合;产量;数学模型

**中图分类号:**S 661.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)02-0019-03

土壤水分和养分是果树生长发育所必须的物质基础,二者融为一体储存于土壤中,相互作用、互相影响,对植物的生长发育产生一定影响和结果。因地制宜地调节水分和肥料,使它们处于合理的范围,使水肥产生协同作用,达到“以水促肥”和“以肥调水”的目的,对节约水、肥资源和保护环境有着重要的意义<sup>[1]</sup>。近年来,国内外对农作物的水肥耦合技术进行了深入的研究,取得了很大的成绩<sup>[2-3]</sup>。但这些研究大多集中于旱地作物,而在滴灌条件下针对果树水肥方面报道不多。新疆具有得天独厚的果品生产自然条件,近些年来果品产业发展迅速,南疆塔里木盆地已建成  $107\text{ 万 hm}^2$  的特色林果区,该地区的红富士苹果、核桃都极具特色。然而,由于缺乏合理的施肥、灌水技术和量化指标,肥水不当,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。该研究以新疆南部阿克苏地区红富士苹果为材料,研究了水、肥对苹果产量的影响,为改善提高果树水分、养分利用效率提供依据,为果园生态系统的理论研究及指导生产提供依据。

## 1 研究区概况

研究区选在新疆生产建设兵团农一师九团二营十三连 ( $40^{\circ}34'00''\text{N}$ ,  $81^{\circ}17'15''\text{E}$ ),海拔  $1\,012.62\text{ m}$ ,地处亚欧大陆腹地的塔里木河畔,受塔克拉玛干沙漠的影响,属典型的大陆性极端干旱荒漠气候类型,平均年降水量

$42.4\text{ mm}$  左右,年蒸发量  $2\,110.5\text{ mm}$ ,相对空气湿度  $50\%$ ,年均总辐射  $9\,733\text{ MJ}/\text{m}^2$ ,年日照  $2\,855\sim 2\,967\text{ h}$ ,年均气温  $10.7^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$  活动积温约为  $4\,113.1^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温  $-28.4^{\circ}\text{C}$ ,无霜期  $205\sim 219\text{ d}$ 。土壤为壤质粘土。试验田土壤有机质含量  $11.91\text{ g}/\text{kg}$ ,速效氮  $22.6\text{ mg}/\text{kg}$ ,速效磷  $17.78\text{ mg}/\text{kg}$ ,速效钾  $104\text{ mg}/\text{kg}$ ,pH  $8.2$ 。

## 2 材料与方法

### 2.1 试验材料

供试树种为阿克苏地区乔化红富士,海棠砧木 (*Chaenomeles sinensis*)。树势生长健壮,树势中庸,树龄  $15\text{ a}$ ,株行距  $4\text{ m}\times 6\text{ m}$ 。2009、2010 年果实成熟时进行测产,单株测产后折成  $1\text{ hm}^2$  产量,取 2 a 数据的平均值。

### 2.2 试验设计

滴灌条件下以施  $\text{P}_2\text{O}_5$  ( $225\text{ kg}/\text{hm}^2$ ) 与  $\text{K}_2\text{O}$  ( $37.5\text{ kg}/\text{hm}^2$ ) 为固定值,以滴灌水量与施 N 量为决策变量,采用二因子五水平正交组合设计,共设 9 个处理,每处理 9 株树,3 次重复。试验用氮肥为尿素 ( $\text{N}\,46\%$ ),萌芽至开花期滴灌施入  $70\%$  的氮肥,果实生长期滴灌施入  $30\%$  的氮肥。全生育期共滴水 7 次,萌芽及新梢生长期滴水 4 次(萌芽前、萌芽后、新梢生长、开花前),果实生长期滴水 3 次(坐果、果实膨大期、果实成熟期)。每次灌水量相同,肥料随水施入。各因素水平及编码值见表 1。

表 1 试验因素及水平编码

因子 Factors	变量间距 Variable interval	变量设计水平 Variable design level				
		-1.414	-1	0	+1	+1.414
灌水量 Irrigation $X_1/\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$	2 655	1 500	2 595	5 250	7 905	9 000
施氮量 Nitrogen $X_2/\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$	210	0	90	300	510	600

**第一作者简介:**孙霞(1975-),女,江苏建湖县人,在读博士,讲师,研究方向为土壤与植物营养。E-mail:sunxia1127@163.com。

**通讯作者:**蒋平安(1965-),男,四川乐至县人,博士,教授,博士生导师,研究方向为土壤及土壤信息系统和植物营养。

**基金项目:**自治区重大专项资助项目(200731136-5);土壤学自治区重点学科建设资助项目。

**收稿日期:**2010-11-03

### 3 结果与分析

产量实测结果见表2。由表2可以看出,不同的水氮处理对苹果的产量有着较大影响,产量最高值出现在灌水和氮肥都适中的处理9,达到64 773.59 kg/hm<sup>2</sup>;最小值为44 585.49 kg/hm<sup>2</sup>,出现在灌水适中而氮肥极度缺乏的处理8。

表2 试验结构矩阵及产量结果

Table 2 Experiment design and the yield results

处理 Treatments	结构矩阵 Construction matrix		总量实施方案 Application scheme		产量 Yields /kg·hm <sup>-2</sup>
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	灌水量 Irrigation	施N量 Nitrogen	
			/m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	/kg·hm <sup>-2</sup>	
1	1	1	7 905	510	60 189.81
2	1	-1	7 905	90	51 415.28
3	-1	1	2 595	510	53 132.19
4	-1	-1	2 595	90	49 408.43
5	1.414	0	9 000	300	57 388.75
6	-1.414	0	1 500	300	52 370.97
7	0	1.414	5 250	600	62 049.81
8	0	-1.414	5 250	0	44 585.49
9	0	0	5 250	300	64 773.59

#### 3.1 模型的建立与检验

根据二次通用旋转组合设计原理,以苹果产量作为因变量,以灌水量和施氮量作为自变量分别将苹果产量(Y)与灌溉水量(X<sub>1</sub>)、氮肥施入量(X<sub>2</sub>)进行二次多项式逐步回归分析,得到水肥对苹果产量的效应方程:

$Y = 25\,912.337\,1 + 7.7114X_1 + 88.658\,9X_2 - 0.00073X_1^2 - 0.1308X_2^2 + 0.002308X_1X_2$  (1)。其中,  $R = 0.9711$ ,  $F = 9.9381$ , 显著水平  $P = 0.0438$ , 剩余标准差  $S = 2\,543.33$ 。

经显著性检验:  $F = 9.938\,1 > F_{0.05} = 6.63$ , 说明了方程是极显著的。通过模型分析得出以苹果产量为目标时,各个因素的最佳组合为:苹果产量(Y) 66 008.75 kg/hm<sup>2</sup>, 灌溉水量(X<sub>1</sub>) 5 914.34 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 氮肥施入量(X<sub>2</sub>) 390.09 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 3.2 数学模型的解析

3.2.1 主因子效应 在量纲相同情况下,偏回归系数反映了某一因子对产量的效应。其值越大,作用越突出。经过无量纲线性编码代换,回归系数已标准化,可根据其大小判断试验因素对苹果产量影响的程度,其正负号表示因素的作用方向<sup>[3-4]</sup>,从X<sub>1</sub>、X<sub>2</sub>的系数来看,水肥对产量影响强度的顺序是:氮肥的主效应大于水的效应,表示增施单位水平的氮肥的增产量大于增加单位水平的灌水量,二次项系数均为负,表示产量随水肥量的增加为报酬递减函数,即当水肥量超过临界值时会导致产量降低。交互项为正值表明水肥存在明显的协同效应,一个因素水平的提高有助于另一因子效应的发挥。

3.2.2 灌水与施肥单因子对苹果产量的影响 对模型

1采用“降维法”,可解析出可得到单因子在其他因子在一定水平下的效应,相当于做多组单因子试验<sup>[5-7]</sup>。将灌水量和施氮量分别假定在零水平,得到2个因素与苹果产量的一元回归子模型为:

$$Y = 25\,912.337\,1 + 7.711\,4X_1 - 0.000\,73X_1^2 \quad (2),$$

$$Y = 25\,912.337\,1 + 88.658\,9X_2 - 0.130\,8X_2^2 \quad (3).$$

将-1.414、-1.0、1.414分别代入关系式(2)、(3)中得到一元二次方程,按方程做图2可以看出各因素对苹果产量的变化规律,曲线斜率越大,表明该因素对苹果产量的影响越显著。由图1可以看出,苹果产量随灌水量增加呈平缓上升趋势,说明苹果生育期灌水对果实产量有明显影响,而施氮量对苹果产量的影响比灌水量更为显著,随着施氮量的增加,苹果产量显著增加。

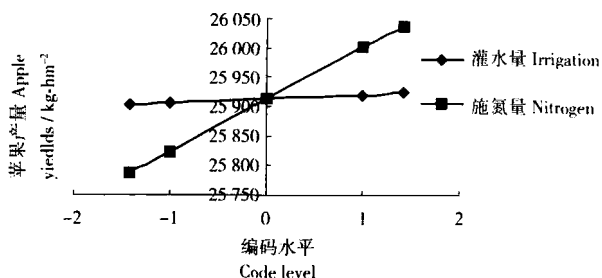


图1 苹果产量的单因素效应分析

Fig. 1 Single factor effect analysis of apple yield

### 4 结论

通过采用二因子五水平二次回归正交旋转组合设计,建立了灌水量、施氮量对苹果产量的数学模型,经检验达到显著水平,模型是成立的。

在该试验条件下对苹果产量的影响表现为氮素效应大于水分效应。灌水量和施氮量对苹果产量的耦合作用为正效应。结果表明,以苹果最高产量为目标时,各个因素的最佳组合为灌水量 5 914.34 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>, 氮肥施入量 390.09 kg/hm<sup>2</sup>, 苹果产量达 66 008.75 kg/hm<sup>2</sup>。

#### 参考文献

- [1] 穆兴民. 水肥耦合效应与协同管理[M]. 北京: 中国林业出版社, 1999.
- [2] 姚静, 邹志荣, 杨猛. 日光温室水肥耦合对甜瓜产量影响研究初探[J]. 西北植物学报, 2004, 24(5): 136-140.
- [3] 翟丙年, 李生秀. 冬小麦产量水肥耦合模型[J]. 中国工程科学, 2002, 4(9): 69-74.
- [4] 孟兆江, 刘安能, 吴海卿. 商丘试验区夏玉米节水高产水肥耦合数学模型与优化方案[J]. 灌溉排水, 1997, 16(4): 18-21.
- [5] 梁运江, 依艳丽, 尹英敏, 等. 水肥耦合效应对辣椒产量影响初探[J]. 土壤通报, 2003, 34(4): 265-266.
- [6] 金珂, 汪德水, 蔡典雄. 旱地农田水肥耦合效应及其模式研究[J]. 中国农业科学, 1999, 32(5): 104-106.
- [7] 冯耀祖. 滴灌施肥条件下全球红葡萄水肥耦合效应研究[D]. 北京: 中国农业大学, 2006.
- [8] 韩丽梅, 邹永久, 王树起, 等. 水分胁迫与施肥对小麦经济性状及产量影响的研究[J]. 吉林农业科技, 1998(2): 19-22.

# 三种类型越橘根系垂直分布特征研究

乌凤章, 王贺新, 李根柱, 韩 慧, 陈英敏

(大连大学 综合研究中心, 辽宁 大连 116622)

**摘 要:**调查了 7 a 生北高丛越橘、半高丛越橘、矮丛越橘在辽南地区棕壤条件下根系垂直分布特征。结果表明:根系生物量以高丛越橘、半高丛越橘较大,矮丛越橘较小;不同径级根系生物量占总生物量的比例以 1~3 mm 的根系最大,其次为 $\leq 1$  mm 的根系,大于 3 mm 的根系所占比例较小;根长密度以北村、斯卫克、康维尔较大,北陆、美登较小;不同径级根系根长密度占总根长密度的比例以 $\leq 1$  mm 根系最大,其次为 1~3 mm 的根系,大于 3 mm 的根系所占比例较小;5 个越橘品种根系生物量和根长密度垂直分布深度在 30~40 cm 以内,主要分布在 0~20 cm 土层中,其中康维尔和北村集中分布在 0~10 cm 土层中,美登集中分布在 10~20 cm 土层中,北陆和斯卫克在 0~20 cm 土层内分布相对较为均匀。

**关键词:**越橘;根系生物量;根长密度;根系垂直分布

**中图分类号:**S 666.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2011)02-0021-04

根系是植物直接与土壤接触的器官,是植物的主要调控中心,施肥、浇水和耕翻等管理主要是通过根系发挥作用,树木获取和利用土壤中的物质和能量均通过根系得以实现。因此,树木根系的分布特征反映了土壤的物质和能量被利用的可能性,也是提高经济林木产量和改善果实品质的潜力所在。定量研究经济林木根系分布特征对合理密植、林农混交以及改进田间水肥管理措施具有十分重要的意义<sup>[1-2]</sup>。越橘属于杜鹃花科(Ericaceae)越橘属(*Vaccinium* spp.)灌木类浆果树木,也称蓝莓或蓝浆果,其果实味道鲜美,富含花青素以及丰富

的抗氧化成分,具有明目、防止脑神经衰老、抗癌等功效,被认为是 21 世纪最有发展前途的新兴高档经济树种<sup>[3]</sup>。我国自 20 世纪 80 年代开始从国外引进越橘新品种,主要开展了不同地理区域栽培试验、苗木繁育、栽培技术、栽培生理等方面的研究<sup>[4-7]</sup>。越橘分为高丛越橘、半高丛越橘、矮丛越橘及兔眼越橘等类型,每种类型越橘的生物学特性和生态适应性具有各自的特点,其中不同类型越橘根系垂直分布特征如何尚不清楚。为此,该试验对生长在辽南棕壤条件下的 3 种类型共 5 个越橘品种的根系垂直分布特征进行了研究,以期寻找出相同点和各自的特点,并对辽南地区棕壤的适应性及合理开展栽培管理提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地的自然条件

大连地处辽东半岛的南端,属中纬度暖温带大陆性季风气候。受海洋影响明显,夏无酷暑,冬无严寒。年

**第一作者简介:**乌凤章(1965-),男,博士,副教授,现主要从事植物遗传育种研究工作。E-mail:wfz1965@126.com。

**基金项目:**辽宁省教育厅高等学校科研资助项目(2009A063、20060076);大连市科技计划资助项目(2009B12NC015)。

**收稿日期:**2010-11-23

## Effects on the Yields of the Red Fuji Apple with Water and Nitrogen Coupling in the South of Xinjiang

SUN Xia, CHAI Zhong-ping, JIANG Ping-an

(College of Grassland and Environmental Sciences, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052)

**Abstract:** Using quadratic regression orthogonal rotating combination, the paper designed the water and nitrogen mathematical model of the yields of Fuji apple in the south of Xinjiang. The results showed that the two factors for yield of apple coupling effects were positive effect and the nitrogen effect was greater than the water. With apple production target, when the apple yields got 66 008.75 kg/hm<sup>2</sup>, the irrigation water and the nitrogen fertilizer were respectively 5 914.34 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> and 390.09 kg/hm<sup>2</sup> could get the best combination of factors.

**Key words:** apple; water and nitrogen coupling; yield; mathematical model