

葡萄地上干物质量确定研究

王永杰¹,张江辉²,王全九³,苏李君³,冯 杰²

(1.新疆水利水电勘测设计研究院,新疆 乌鲁木齐 830000; 2.新疆水利水电科学研究院,新疆 乌鲁木齐 830049;
3.西安理工大学水资源研究所,陕西 西安 710048)

摘 要:葡萄地上干物质量包括地上部枝条干物质量和地上部果实生长量,地上部果实生长量可通过实测产量得到,而地上部枝条干物质量则较难测得。本研究用模型模拟来获得葡萄枝条干物质量,通过使用 Logistic 修正模型、Richards 模型、Hoerl 模型、蒸汽压模型和高斯模型来模拟葡萄地上枝条干物质量累积过程,并利用实测资料对各模型模拟结果进行验证,优选出 Logistic 修正模型来描述葡萄地上枝条干物质量生长过程。在此基础上,以地上干物质生长量最大为目标,在不包含埋墩水的情况下,得到葡萄的适宜灌溉定额为 430~490 m³·667m⁻²。

关键词:葡萄;地上干物质量;模型模拟

中图分类号: S663.1 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)05-0257-07

Comparative analysis of growth models of aboveground dry biomass of grape

WANG Yong-jie¹, ZHANG Jiang-hui², WANG Qun-jiu³, SU Li-jun³, FENG Jie²

(1. Xinjiang Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute, Urumqi, Xinjiang 830000, China;
2. Xinjiang Institute of Water Resources and Hydropower Research, Urumqi, Xinjiang 830049, China;
3. Institute of Water Resource, Xi'an University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

Abstract: The aboveground dry biomass of grape includes the growth of shoot dry weight and the growth of fruit, in which the growth of fruit can be obtained by the measured yield, while the shoot dry weight is rather difficult to measure. The modified Logistic model, Richards model, Hoerl model, vapor pressure model and Gauss model were adopted to simulate the dry matter accumulation process of grape shoot, and the results were testified by the measured data. As a result, the modified Logistic model was chosen to describe the growth process of shoot dry weight of grape. On this basis, with the objective of maximum growth amount of aboveground dry matter, the suitable irrigation quota of grape was 430~490 m³·666.7m⁻², in addition to the pier burying water.

Keywords: grape; aboveground dry biomass; model simulation

吐鲁番地处极端干旱区,降雨稀少,蒸发强烈,水资源短缺已成为制约该地区农业及社会经济可持续发展的“瓶颈”。该地区农业用水量占总引用水量的 95% 以上,葡萄作为该地区的主要经济作物,占农业种植面积的 80.33%,确定葡萄合理的灌溉制度,实现葡萄的高效节水,对吐鲁番地区社会经济发展具有重要意义。

葡萄地上干物质量累积过程作为灌溉制度影响下的生理反馈对于合理确定葡萄灌溉制度具有重要的指导意义。一般而言,对于物质累积过程的研究常采用模型模拟的方法。国内许多学者对植物干物质累积过程进行了广泛研究,并相继提出了不同类

型的描述作物干物质量累积过程的模型,薛香等^[1]利用 Logistic、多项式回归和 Richards 三种模型对小麦的籽粒灌浆过程进行分析,结果表明 Richards 模型对小麦的灌浆过程模拟较好;陈四龙等^[2]用 Richards、Logistic 和 Gompertz 模型拟合了花生籽仁油分累积特征曲线,结果表明 Richards 模型模拟效果较好;刘凤丽等^[3]用 Mitscherlich、Bertalanffy、Gompertz 和 Logistic 模型对水稻干物质累积过程进行模拟,结果表明 Logistic 模型模拟效果较好;李向岭等^[4]用 MMF model、余弦曲线、三次方程、Logistic、Richards 方程和有理方程对玉米相对群体干物质积累和相对积温的关系进行了模拟,结合玉米生长的生物学意义,

收稿日期:2013-02-24
基金项目:国家科技支撑计划(2011BAD29B05)
作者简介:王永杰(1987—),男,山西太原人,硕士,主要从事农业水资源高效利用方面的研究。E-mail:wyj872701@163.com。
通信作者:张江辉(1963—),陕西兴平人,研究员,研究方向为农业水利工程。E-mail:skyjzh@tom.com。

选用 Richards 方程作为玉米相对干物质累积随积温的动态模拟方程;然而关于葡萄地上枝条干物质累积变化的模型却鲜有报道,本研究通过滴灌大田试验筛选出适宜描述葡萄地上枝条干物质累积的数学模型,为进一步探究葡萄地上干物质累积过程与水分处理的关系提供理论基础。

1 数学模型

本文采用 Curve Expert 1.4 软件对葡萄地上干物质随有效积温的累积过程进行模拟,选择了模拟效果较好的 Hoerl 模型、蒸汽压模型、Richards 模型、高斯模型加以分析。此外,有研究表明,作物和果树的叶面积指数和枝条干物质累积过程可以用 logistic 生长模型来描述^[5-7];然而 logistic 模型不能描述叶面积指数和枝条干物质生长的衰减阶段。王信理^[8]1986 年提出的 Logistic 修正模型可较好地描述种群密度(y)随时间(t)变化达最大值后缓慢下降的过程。陈若男^[9]利用 Logistic 修正模型对葡萄地上枝条干物质随有效积温的变化过程进行了模拟,模拟效果较好,故本文还选择了 logistic 修正模型进行比较。现将上述描述作物地上枝条干物质累积过程的模型简述如下:

1) Hoerl 模型。

Hoerl 模型的表达式为

$$y = ab^t t^c \tag{1}$$

式中, y 为枝条干物质累积量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); t 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$); a 为模型参数; b 为模型参数; c 为模型参数。

从模型表达式看, Hoerl 模型为常数、幂函数和指数函数的乘积形式; $t = 0$ 时,即有效积温为零时, $y = 0$,即枝条干物质累积量为零;当 $0 < b < 1$ 时,指数函数为递减趋势; $b > 1$ 时,指数函数为递增趋势,参数 b 的取值会影响函数曲线的变化趋势。参数 a 可理解为调整系数,对模型结果进行修正, b 、 c 可理解为生长速率参数。

2) 蒸汽压模型。

蒸汽压模型的表达式为

$$y = e^{\left(a + \frac{b}{t} + c \ln(t)\right)} \tag{2}$$

式中, y 为枝条干物质累积量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); t 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$); a 为模型参数; b 为模型参数; c 为模型参数。

从模型表达式看,蒸汽压模型整体为指数函数的形式,实际上可看作为 e^a 、 $e^{b/t}$ 和 te^c 三个表达式的乘积。 t 为零时,模型表达式没有意义, t 趋近于零时, y 趋近于零。参数 a 为调整系数, b 、 c 为生长速率

参数。

3) 高斯模型。

高斯模型的表达式为

$$y = ae^{-\frac{(t-b)^2}{2c^2}} \tag{3}$$

式中, y 为干物质累积量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); t 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$); a 为模型参数; b 为模型参数; c 为模型参数。

高斯模型通常用于随机变量的概率分布,从模型表达式看,高斯模型为常数与指数函数的乘积,指数函数的指数部分为非正数,故表达式中指数部分的值为大于 0 小于 1 的数。参数 a 表示函数的极值, b 表示函数对称轴的位置, c 表示函数的陡峭程度^[10],结合葡萄枝条干物质质量的生长过程,参数 a 可理解为枝条干物质质量生长的最大值, b 为最大值出现的时间, c 为枝条干物质质量的生长速率,模型优点在于从表达式中可直接得到干物质累积最大值出现的时间。

4) Logistic 修正模型。

Logistic 修正模型的表达式为

$$y = \frac{a}{1 + e^{(b - ct + d^2)}} \tag{4}$$

式中, y 为干物质累积量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); t 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$); a 为终极生长量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); b 为初值参数($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); c 为生长速率参数; d 为生长速率参数,当 $d = 0$ 时,即为 Logistic 模型。

Logistic 修正模型为一个常数与一大于 0 小于 1 的数的乘积。模型参数物理意义明确,包括了干物质累积过程的所有特征值。此模型已被广泛用于描述作物的干物质累积过程。

5) Richards 模型。

Richards 模型的表达式为:

$$y = \frac{a}{(1 + e^{(b - ct)})^{1/d}} \tag{5}$$

式中, y 为干物质累积量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); t 为 $\geq 10^\circ\text{C}$ 积温($^\circ\text{C}$); a 为终极生长量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); b 为初值参数($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$); c 为生长速率参数; d 为形状参数,当 $d = 1$ 时,即为 Logistic 模型。

Richards 模型与 Logistic 修正模型具有相似的表达式,为一常数与一大于 0 小于 1 的数的乘积。模型参数物理意义明确,此模型亦被广泛用于描述作物的干物质累积过程。

本文选用均方根误差 $RSME$ 和确定系数 R^2 对各模型的准确性和拟合度进行评价。式(6)、(7) 为评价指标公式。

$$RSME = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}}$$

(6)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N (P_i - O')^2}$$

(7)

式中, N 为监测点个数; P_i 为模拟值; O_i 为观测值; O' 为观测值的平均值。

2 试验材料与方法

2.1 试验点基本概况

该试验点位于火焰山以南,吐鲁番市东南部的葡萄乡铁提尔村,距吐鲁番市 12 km,地理坐标为北纬 42.87°、东经 89.20°,海拔为 32.8 m,年降雨量为 16 mm,年蒸发量为 3 600 mm,全年日照时数为 3 200

h,10℃ 以上有效积温 5 300℃ 以上,无霜期达 210 天。葡萄品种为无核白,树龄 12 年以上,小棚架栽培,株距约 1.2~1.5 m,行距约 4.5 m,定植沟为东西走向。传统的灌溉方式为地面沟灌。

试验采用滴灌地表三管的布置方式,2011 年试验时间为 4 月到 10 月,试验共设六种灌水周期,分别记为高水处理、中水处理、低水处理、组合 1 灌水处理、组合 2 灌水处理和组合 3 灌水处理,灌水定额均为 30 m³·667m⁻²。在整个生育期内,高水处理、中水处理和低水处理的灌水周期不变,分别是 5 d、9 d 和 14 d。组合灌水是指在葡萄的需水关键期和非关键期按照不同灌水周期来实施灌水,是对葡萄生长和天气变化更加灵活合理的灌水应对方式。表 1 显示了 2011 年不同试验处理的灌水方案,每个试验处理设三个重复。

表 1 试验处理及灌水方案
Table 1 Experimental treatments and irrigation programs

序号 Code	试验处理 Treatment	灌水定额 Irrigation quota (m ³ ·667m ⁻²)	灌水周期 Irrigation cycle/d		灌溉定额 Irrigation amount (m ³ ·667m ⁻²)
			关键期 Critical period	非关键期 Non-critical period	
1	高水 High water	30	5	5	760
2	组合 1 Combination 1	30	5	9	610
3	中水 Mid water	30	9	9	520
4	组合 2 Combination 2	30	5	14	490
5	组合 3 Combination 3	30	9	14	430
6	低水 Low water	30	14	14	400

注:灌溉定额中不包含埋墩水。 Note: The irrigation amount without buried pier water.

2.2 葡萄地上生物量指标测定

葡萄枝条干物质量测定:在葡萄枝叶生长的主要阶段,对葡萄枝条长、枝条数、中主脉长和叶片数进行监测,测定时每个处理选择三个蔓,用红布做好标记,在每个蔓上、中、下部选择三个枝条,用挂牌做好标记,每次测定时用卷尺测量枝条长、中主脉长,然后数出叶片数和整个蔓的枝条数。

葡萄地上部果实测定:葡萄测产时,对各处理的果穗串数进行统计,并随机选取 9 株葡萄作为样本,对其果穗重进行称重,获取果穗样本的平均重量,用果穗样本的平均重量乘以果穗串数估算葡萄产量。

2.3 数据处理

2.3.1 葡萄叶面积和枝条干物质量的计算 葡萄叶面积和枝条干物质量均采用经验公式计算。白云岗 2010 年提出了鄯善试验点无核白葡萄叶面积及一年生枝条干物质质量简易测定方法^[11]。在考虑计算精度和操作便利的前提下,建议在科研及生产

实践中采用叶面积与叶脉长的乘幂方程来计算叶面积;一年生枝条干物质量与枝条长度、叶片数、叶面积均存在较好的相关关系,与叶面积的确定系数最高,建议采用枝条干物质量与叶面积累积量的乘幂方程来计算枝条干物质量。曾辰 2010 年建立了吐鲁番试验点无核白葡萄叶面积与叶片中主脉长的经验公式^[12],见公式(8)。陈若男 2010 年通过对吐鲁番、鄯善试验点大量数据的拟合,对枝条干物质量与叶面积累计量进行了重新拟合,并在此基础上给出了单位面积干物质量的计算公式^[13],见公式(9)、(10)。

吐鲁番葡萄叶面积与叶片中主脉长的经验公式:

$$y = 0.8594x^{2.0823}$$

$$R^2 = 0.9797$$

(8)

式中, y 为葡萄叶片面积(cm²); x 为葡萄叶片中主脉长(cm); a 、 b 为参数。

试验点葡萄地上干物质量与枝条数、叶片数和

叶面积的经验公式：

$$m = 0.0003A^{1.5255} \quad R^2 = 0.8989 \quad (9)$$

式中： m 为单个枝条干物质质量(g)； A 为单个枝条葡萄叶面积总和(cm^2)。

单位面积葡萄干物质质量计算公式：

$$M = 0.667a \times b \times m/S \quad (10)$$

式中， M 为单位干物质质量($\text{kg} \cdot 667\text{m}^{-2}$)； a 为每个试验行的葡萄蔓数； b 为每个蔓上的枝条数； S 为每个试验行覆盖面积。

本试验在 $6\text{ m} \times 2.5\text{ m}$ 面积上进行测量，根据调查，该覆盖面积上葡萄平均蔓数为 13.5 株。

2.3.2 模型模拟分析计算 在模型对比分析中，为既节省篇幅又具有代表性，本文从六种灌水处理中，选取高水灌水处理、中水灌水处理、组合 1 灌水处理和组合 2 灌水处理的实测数据进行分析，筛选出最适合描述葡萄地上干物质累积过程的模型。在此基础上，分析该模型参数随水分处理的变化特征，从参数意义的角度解释水分处理对葡萄枝条干物质质量的影响。

以下将四种灌水处理分别简记为“高水”、“中水”、“组合 1”和“组合 2”。

3 结果与分析

3.1 葡萄枝条干物质质量累积特征

将 4 种灌水处理的葡萄枝条干物质质量随时间的变化过程绘于图 1。从图中可以看出，地上枝条干物质质量累积过程随时间呈现出“S”型，从 4 月中旬到七月中旬为逐渐增加的阶段，在 7 月中旬左右出现地上干物质累积量的最大值，此后地上干物质累积量开始减小。通过对葡萄地上干物质质量累积过程的分析，该过程可用“S”型曲线来描述。

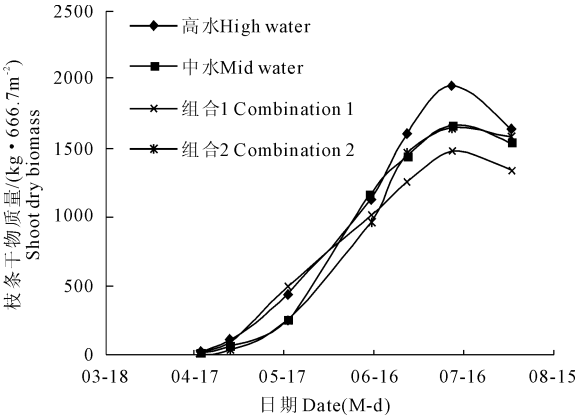


图 1 不同灌水处理下葡萄枝条干物质质量变化过程

Fig.1 Variation process of shoot dry biomass of grape under different irrigation treatments

3.2 模型准确度对比分析

将高水处理、中水处理、组合 1 处理和组合 2 处理的地上枝条干物质质量实测数据分别用五种模型进行拟合，表 2 显示了不同模型下各处理的模型拟合参数及其均方根误差和确定系数。

为便于比较不同数学模型对灌水处理的拟合效果，取四种灌水处理的均方根误差平均值和确定系数的平均值进行模型拟合效果的比较。结果表明，Logistic 修正模型模拟值与实测值的离散程度最小，均方根误差均值为 48.81，其次依次为 Richards 模型、Hoerl 模型、蒸汽压模型和高斯模型，对应的均方根误差均值分别为 53.30、75.94、87.03 和 110.11；Richards 模型模拟值与实测值的相关性最好，确定系数平均值为 0.9959，其次依次为 Logistic 修正模型、Hoerl 模型、高斯模型和蒸汽压模型，对应的确定系数平均值分别为 0.9942、0.9900、0.9886 和 0.9876。

综合不同模型模拟的均方根误差和确定系数情况，Logistic 修正模型和 Richards 模型表现较好。

3.3 模型准确性评价

为直观地观察各模型对葡萄地上枝条干物质质量累积过程的模拟趋势，图 2 显示了 5 种模型对高水处理、中水处理、组合 1 处理和组合 2 处理的模拟曲线与实测值。

图 2a 为 Hoerl 模型对四种灌水处理葡萄地上枝条干物质质量累积过程的模拟曲线与实测值，从中可以看出，Hoerl 模型可以描述葡萄枝条干物质质量生长过程的下降趋势，且具有一定的模拟准确度。

图 2b 为蒸汽压模型对四种灌水处理的模拟曲线及实测值。从中看出，蒸汽压模型可以描述地上枝条干物质生长的下降过程，但其对各处理枝条干物质质量累积的早期过程描述不准确，相对于实测值，呈现系统性偏低；其次，对枝条干物质质量生长到峰值然后下降的过程描述不稳定，在对组合 1 灌水处理的描述中，枝条干物质质量生长模拟曲线未出现峰值点。

图 2c 为高斯模型对四种灌水处理的模拟曲线及实测值。从中看出，高斯模型可以描述枝条干物质质量生长的下降过程，但其准确性不佳，主要表现在枝条干物质质量生长初期和峰值期，模拟值较实测值呈系统性偏大，且生物量下降过程偏早。

图 2d 为 Richards 模型对四种处理的模拟曲线及实测值。从中可知，该模型可以较准确地描述各处理枝条干物质质量的累积过程，但其未能描述枝条干物质质量的下降过程。

图 2e 为 Logistic 修正模型对各处理的模拟曲线及实测值。从中可以看出,该模型无论从模拟准确度还是模拟生长过程的趋势上都表现出了比较明显的优势。

综合以上分析,Logistic 修正模型最适宜模拟葡萄地上枝条干物质质量生长趋势。

表 2 葡萄地上枝条干物质质量随有效积温变化的模型拟合参数及其均方根误差和确定系数

Table 2 The model fitting parameters, <i>RSME</i> and <i>R</i> ² of shoot dry biomass of grape with the change of effective accumulated temperature		模型参数 Parameter				<i>RSME</i>	<i>R</i> ²
模型 Model	处理 Treatment	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>		
Hoerl	高水 High water	5.07 × 10 ⁻⁹	0.9979	4.05		118.40	0.9853
	中水 Mid water	1.88 × 10 ⁻⁹	0.9978	4.19		24.94	0.9992
	组合 1 Combination 1	2.32 × 10 ⁻⁹	0.9978	4.15		109.17	0.9784
	组合 2 Combination 2	1.75 × 10 ⁻¹¹	0.9976	4.87		51.26	0.9969
蒸汽压 Vapor pressure	高水 High water	21.42	- 3440.22	- 1.61		173.40	0.9684
	中水 Mid water	25.18	- 4138.17	- 2.07		27.33	0.9995
	组合 1 Combination 1	14.32	- 1976.01	- 0.80		84.21	0.9872
	组合 2 Combination 2	37.22	- 6915.3325	- 3.47		63.18	0.9953
高斯 Gauss	高水 High water	1830.51	1910.23	735.91		136.74	0.9889
	中水 Mid water	1720.22	1936.13	697.30		120.40	0.9907
	组合 1 Combination 1	1503.78	1930.46	756.74		93.90	0.984
	组合 2 Combination 2	1795.48	1968.9	646.91		89.41	0.9906
Richards	高水 High water	1673.92	2.68	0.004	0.51	45.84	0.9991
	中水 Mid water	1560.89	5.11	0.005	1.02	28.81	0.9996
	组合 1 Combination 1	1425.67	- 1.12	0.0026	0.05	101.32	0.9861
	组合 2 Combination 2	1616.51	11.33	0.0085	2.35	37.25	0.9988
Logistic 修正 Modified Logistic	高水 High water	1861.12	6.42	- 0.009	2.35 × 10 ⁻⁶	46.84	0.9957
	中水 Mid water	1771.19	7.08	- 0.0093	2.36 × 10 ⁻⁶	26.68	0.9985
	组合 1 Combination 1	1605.32	6.67	- 0.0096	2.55 × 10 ⁻⁶	57.56	0.9906
	组合 2 Combination 2	1880.24	7.90	- 0.01	2.56 × 10 ⁻⁶	64.17	0.9919

3.4 Logistic 修正模型参数与水分处理的关系

表 3 给出了六种灌水处理 Logistic 修正模型的参数统计特征值。从中可知,不同水分处理,参数 *b*、*c*、*d* 的值变化较小,参数 *a* 的值变化较大。因此,可认为不同水分处理对参数 *b*、*c*、*d* 的影响不大,对枝条干物质终极生长量 *a* 影响较大。

表 4 显示了六种灌水处理下葡萄地上部果实生

长量情况。

图 3 给出了葡萄地上部干物质最大生长量与灌溉定额的关系。从中可以看出,随着灌溉定额的增加,最大干物质质量呈现出先增大后减小再增大的趋势,6 个灌水处理中,组合三灌水处理终极生长量最大,低水终极生长量最小。在不包含埋墩水的情况下,葡萄灌溉定额以 430 ~ 490 m³·667m⁻²为宜。

表 3 Logistic 修正模型参数统计特征值

Table 3 The statistical characteristic value of parameters in modified Logistic model								
参数 Parameter	高水 High water	中水 Mid water	低水 Low water	组合 1 Combination 1	组合 2 Combination 2	组合 3 Combination 3	均值 Mean	标准偏差 SD
<i>a</i>	1861.12	1771.19	365.01	1605.32	1880.24	2321.08	1633.9941	665.4736
<i>b</i>	6.422	7.0833	5.4436	6.5615	7.9017	6.5399	6.658667	0.810110
<i>c</i>	- 0.0090234	- 0.0093078	- 0.0078634	- 0.0091648	- 0.0097062	- 0.0087265	- 0.0089654	0.0006294
<i>d</i>	2.3488 × 10 ⁻⁶	2.3618 × 10 ⁻⁶	1.9309 × 10 ⁻⁶	2.4429 × 10 ⁻⁶	2.4024 × 10 ⁻⁶	2.1882 × 10 ⁻⁶	0.0000023	0.0000002

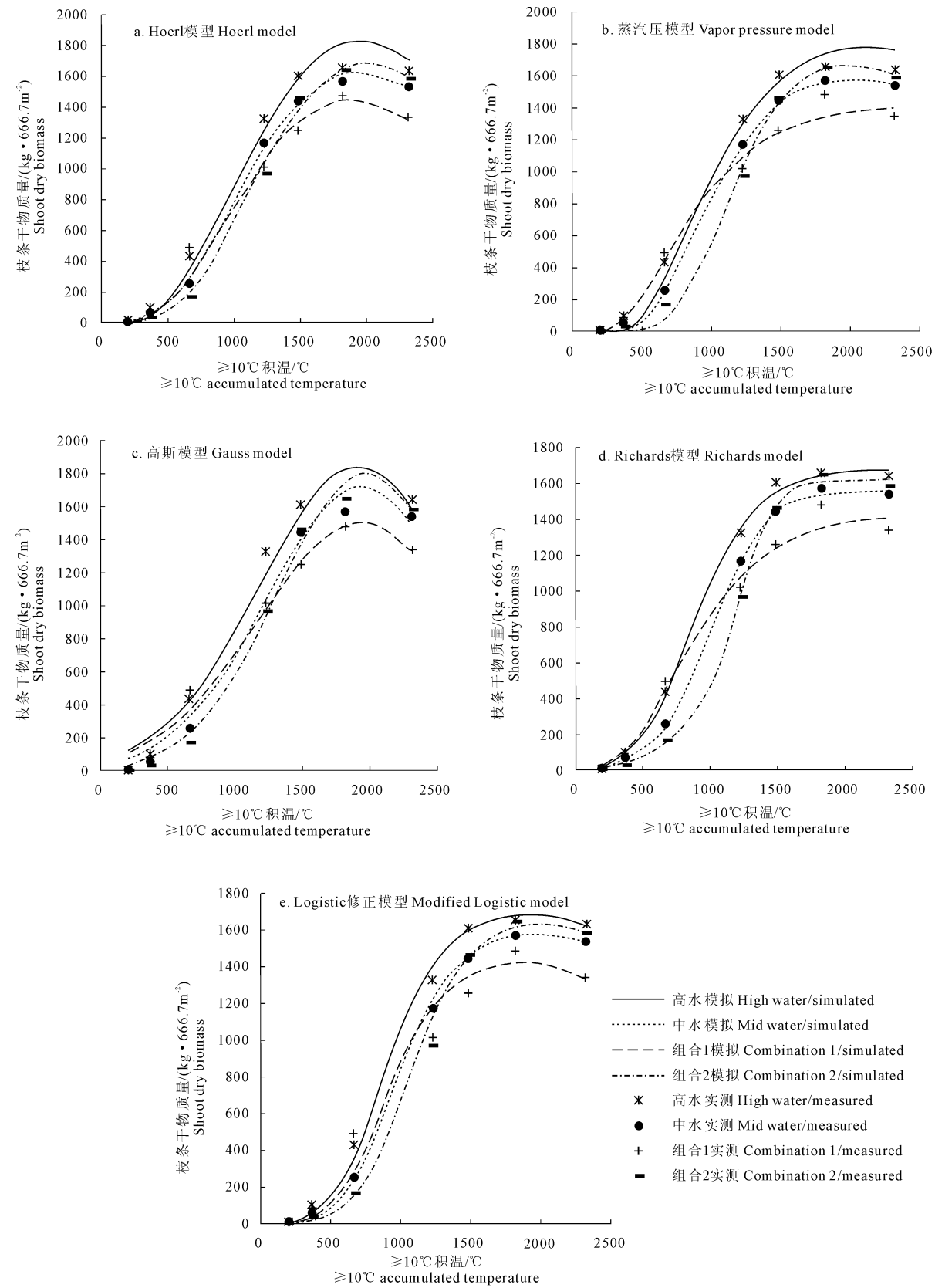


图 2 不同模型下各灌水处理葡萄地上枝条干物质量生长模拟曲线及实测值

Fig.2 Comparison of the simulated curve of different models and the measured value of shoot dry biomass of grape under different irrigation treatments

表 4 各灌水处理下葡萄地上部果实生长量情况
Table 4 The growth amount of grape fruit under different irrigation treatments

处理 Treatment	测量面积 Measured area / $\times 666.7\text{ m}^2$	果穗串数 Number of grape clusters	单串平均重量 Average weight per cluster/g	单位面积产量 Yield / $(\text{kg}\cdot 666.7\text{ m}^{-2})$
高水 High water	0.1	621	343.00	2130
中水 Mid water	0.1	514	320.99	1650
低水 Low water	0.1	638	363.99	2322
组合 1 Combination 1	0.1	624	361.63	2257
组合 2 Combination 2	0.1	450	401.83	1808
组合 3 Combination 3	0.1	677	406.37	2751

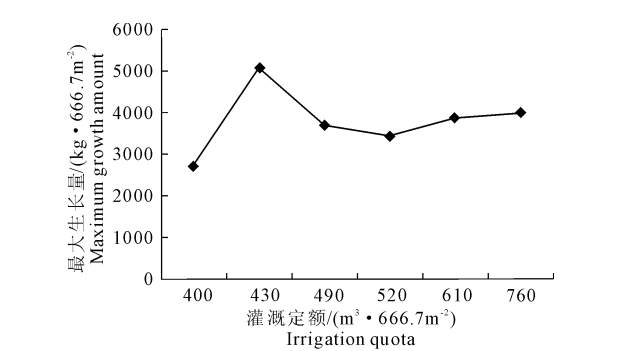


图 3 葡萄地上部干物质最大生长量与灌溉定额的关系
Fig.3 The relationship between maximum growth amount of aboveground dry biomass of grape and irrigation quota

4 结 论

为确定葡萄地上部最终生物量,本文借助模型分析来描述葡萄地上枝条干物质量生长特征,通过测产获得地上部果实生长量,主要获得以下结论:

1) 在选取的五种描述地上枝条干物质生长的模型中,Logistic 修正模型最适于描述葡萄地上干物质量的生长过程,包括累积和下降过程;模拟结果准确,相关性高,参数物理意义明确。

2) 若不考虑葡萄地上干物质量生长的下降过程,Richards 模型无论从模拟准确度,相关度还是参数物理意义上讲,都可以很好地描述葡萄地上干物质量的累积过程。

3) logistic 修正模型中的参数 a 表征地上枝条干物质量最大值,且受水分处理的影响较为明显;以葡萄地上部终极生长量最大为目标,在不包含埋墩水的情况下,葡萄的灌溉定额以 $430 \sim 490\text{ m}^3 \cdot 667\text{m}^{-2}$ 为宜。

参 考 文 献:

[1] 薛 香,吴玉娥,陈荣江,等.小麦籽粒灌浆过程的不同数学模型模拟比较[J].麦类作物学报,2006,26(2):169-171.

[2] Chen S L. Simulation on oil accumulation characteristics in different high-oil peanut varieties[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008,34(1):142-149.

[3] 刘凤丽,彭世章.节水灌溉的水稻干物质积累 C-R 模型研究[J].节水灌溉,2006,6:1-3,6.

[4] Li X L, Zhao M, Li C F, et al. Effect of sowing-date and planting density on dry matter accumulation dy-namic and establishment of its simulated model in maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 2011, 36(12):2143-2153.

[5] 乔 嘉,朱金城,赵 姣,等.基于 Logistic 模型的玉米干物质积累过程对产量影响研究[J].中国农业大学学报,2011,16(5):32-38.

[6] 孟亚利,曹卫星,柳新伟,等.水稻地上部干物质分配动态模拟的初步研究[J].作物学报,2004,30(4):376-381.

[7] 张谋草,邓振镛,赵满来,等.陇东黄土高原塬区冬小麦干物质增长规律分析[J].中国农业气象,2004,(4):14-17.

[8] 王信理.在作物干物质积累的动态模拟中如何合理运用 Logistic 方程[J].农业气象,1986,7(1):14-19.

[9] 陈若男.极端干旱区葡萄耗水特征与滴灌毛管合理布置研究[D].西安:西安理工大学,2011.

[10] 张小咏,刘耕年,李永化,等.高斯函数参量法及其在山区降水计算中的应用[J].地理研究,2008,27(3):594-602.

[11] 白云岗,董新光,张江辉,等.无核白葡萄叶面积及一年生枝条干物质质量简易测定方法研究[J].新疆农业科学,2010,47(9):1744-1748.

[12] 曾 辰.极端干旱区成龄葡萄生长特征与水分高效利用模式[D].杨凌:中国科学院教育部水土保持与生态环境研究中心,2010.

[13] 陈若男,王全九,曾 辰,等.极端干旱区滴灌条件无核白葡萄适宜地上净增加生物量确定[C]//极端干旱区成龄葡萄微灌关键技术研究示范论文集.乌鲁木齐:[出版者不详],2010.