

新型冬季葡萄越冬埋藤机的设计与试验

李 涛¹, 康 璟¹, 孙 伟¹, 赵武云¹, 王 蒂¹, 张俊莲¹, 康天兰², 吴建民¹

(1. 甘肃农业大学工学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省经济作物技术推广总站, 甘肃 兰州 730000)

摘 要: 为解决现有多数葡萄埋藤机埋土量少和埋藤质量差等问题, 研制了一种新型冬季葡萄越冬埋藤机。对该机的关键部件: 掘土部件, 输土机构和减速、换向装置进行了设计研究, 并采用正交试验方法进行了田间试验, 以掘土铲的长度、纵向输送带的线速度与横向输送带的线速度为因素, 以覆土厚度、覆土宽度和抛土距离为指标。在利用试验结果的基础上做出了方差分析, 得出影响葡萄埋藤机工作性能的因素主次, 进一步优化了组合部件参数。试验结果表明掘土铲的长度为 40 cm, 纵向输送带的线速度为 $1.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, 横向输送带的线速度为 $1.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 时, 葡萄埋藤机的埋藤效果良好, 能够满足葡萄越冬埋藤的农艺要求。

关键词: 葡萄冬季保护; 葡萄埋藤机

中图分类号: S224.1+6 文献标志码: A 文章编号: 1000-7601(2013)04-0249-08

Design and test on a new grape vine over-winter burying machine

LI Tao¹, KANG Jing¹, SUN Wei¹, ZHAO Wu-yun¹, WANG Di¹,
ZHANG Jun-lian¹, KANG Tian-lan², WU Jian-min¹

(1. College of Engineering, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China;

2. Gansu Technological Extension Station of Cash Crops, Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract: In view of such problems as little soil covering and low burying quality faced by most of current machines, a new grape vine over-winter burying machine was developed. The key parts of the machine including digging components, soil transmission device, and decelerating and reversing device were designed, and an orthogonal field test was conducted with length of soil digger, linear velocity of vertical soil conveyer and linear velocity of horizontal soil conveyer as factors, and covering depth, covering width and throwing distance as indicators. On the basis of variance analysis of test results, the factors influencing working performance of the grape vine burying machine were analyzed, and the parameters of components were further optimized. The test results showed that, when the length of soil digger was 40 cm, the linear velocity of vertical soil conveyer was $1.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, and the linear velocity of horizontal soil conveyer was $1.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, the grape vine burying machine ran well and could meet the agronomic requirements.

Keywords: grape vine over-winter protection; grape vine burying machine

改革开放和农村产业结构的调整促进了葡萄栽培业的发展, 特别近 10 年葡萄栽培的面积和产量一直呈上升趋势^[1]。在我国北方地区葡萄生产主要的作业环节是: 春天扒藤—上架绑藤—除草施肥浇水—喷施药剂—收获—冬季埋藤等几个主要环节, 其中冬季埋藤这一生产环节所用劳动量约占葡萄栽培过程中田间管理劳动量的三分之一左右^[2-3]。一些相关科研单位和企业越来越重视葡萄埋藤机具的研制, 但目前大多数的葡萄埋藤机埋土量少, 需要多次埋土才能达到满足覆土的要求, 作业效率低, 而且机

具取土时离根系太近, 容易伤到葡萄的根部, 致使葡萄在越冬时根系造成冻伤、冻死等现象, 不能满足葡萄越冬的农艺要求^[4]。为了提高生产效率, 减轻农民的劳动强度, 设计一种性能可靠、埋藤质量好的葡萄越冬埋藤机是十分必要的。

为此自主研制了一种新型葡萄埋藤机, 对其关键部件进行了详细地设计计算, 并进行了正交试验研究, 掘土铲长度、纵向输土机构的线速度和横向输土机构的线速度三者之间的优化组合, 为后续设计提供参考依据。

收稿日期: 2013-01-22

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2012BAD06B03); 甘肃省科技支撑项目(1102MKDM025)

作者简介: 李 涛(1985—), 男, 河北涿鹿人, 硕士研究生, 主要从事农业工程技术与装备研究。E-mail: litao870550981997@163.com。

通信作者: 吴建民(1958—), 甘肃定西人, 教授, 博士生导师, 主要从事机械化保护性耕作技术及机具研究。E-mail: wujm@gsau.edu.cn。

1 整机结构及工作原理

1.1 葡萄冬季埋藤的农艺要求

葡萄秋末剪枝后需下架进行冬前埋土防寒,防寒埋土的厚度及宽度都是按当地历年冻土厚度和地表下 -5°C 的土层深度来确定。一般防寒土堆的宽度是当地冻土厚度的 2.8 倍,以地表到 -5°C 的土层深度为防寒土堆的厚度。如甘肃兰州地区,历年冻土厚度为 100 cm 左右,地表下 -5°C 的土层厚度为 30 cm 左右,所以兰州地区葡萄防寒土堆的宽度为 100 cm,厚度为 30 cm 较为安全。冬季埋藤前需压蔓且要防止损伤枝蔓,以免病害浸染以及影响来年产量,取土位置距根部不能太近,最少 50 cm 左右^[3]。

1.2 整体结构及技术参数

设计的新型葡萄越冬埋藤机整体结构如图 1 所示,主要由掘土铲、中间变速箱、换向操纵手柄、横、纵向土壤输送机构、机架、输土斗、尾轮等部分构成,主要技术参数见表 1。

表 1 新型葡萄埋藤机的主要技术参数

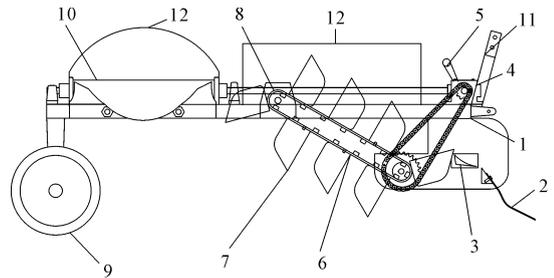
Table 1 Technology parameters of the new grape vine over-winter burying machine

指标 Indicators	参数 Parameters
外形尺寸(长×宽×高) Dimensions (length×width×height)/mm	1900×1410×1200
结构质量 Equipment weight/kg	572
配套动力 Auxiliary power/kW	22.1
生产率 Productivity/($\text{hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$)	0.45
挂接形式 Connection type	后三点全悬挂连接 Full suspension connection behind the three points
工作幅宽 Work width/mm	1000~1200
掘土深度 Depth of digging/mm	150~350
挖掘铲铲面倾角 Inclined angle of soil digger($^{\circ}$)	25~35 (可调 Adjustable)

1.3 工作原理

该葡萄埋藤机在田间作业时,牵引架与拖拉机三点悬挂机构相连接,拖拉机动力输出轴提供动力,土袋在掘土铲的作用下沿铲壁破碎翻转,被掘起的土袋落在土壤导向板上,随土壤导向板将土壤输导到纵向土壤输土机构的输土斗中,同时中间变速箱的侧输出轴将动力传递给与其同轴的主动链轮和机架侧边上的换向齿轮箱,通过传动链和换向齿轮箱的传动轴再将动力分别传递给纵向土壤输送机构的从动链轮和横向土壤输送机构,从而使横、纵向的土壤输送带转动,输土斗在输送带的转动作用下,将土

壤抛送至横向土壤输送机构,落在横向土壤输送机构上的土壤在横向输送带的带动下,被抛送到冬季越冬的葡萄藤上。此外,横向土壤输送机构还可以通过变向齿轮箱的换向操纵手柄改变其旋转方向,实现分别向两侧投送土壤的目的。



1. 机架 Frame; 2. 掘土铲 Soil digger; 3. 土壤导向板 Soil guide plate; 4. 中间变速箱 Intermediate gearbox; 5. 换向操纵手柄 Reversing control handle; 6. 土壤输送带 Soil conveyor; 7. 输土斗 Soil transmission bucket; 8. 输土轮 Soil transmission wheel; 9. 尾轮 Tail wheel; 10. 横向土壤输送机构 Horizontal soil transmission device; 11. 牵引架 Hanger; 12. 罩板 Shield plate

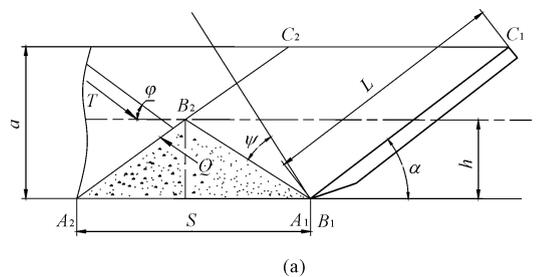
图 1 葡萄越冬埋藤机总体结构图

Fig. 1 Structure of grape vine over-winter burying machine

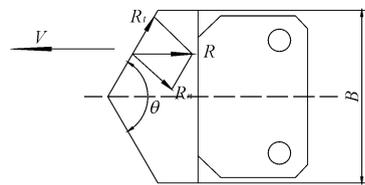
2 葡萄埋藤机关键部件的设计

2.1 掘土部件

掘土部件是用作挖掘埋藤所需的土壤,并尽可能使土壤发生翻转和松碎的执行构件。其设计要求为切削土壤的阻力要小,能够方便快捷地调节掘土铲夹角的大小以改变掘土量,结构如图 2 所示。



(a)



(b)

图 2 掘土铲的结构

Fig. 2 Structure of soil digger

掘土铲的主要参数:铲刃切口夹角 θ 、掘土铲与地面的夹角 α 、掘土铲的长度 L 、掘土铲的宽度 B ,如图 2 所示。

为了使掘土铲切削土壤阻力小,挖掘铲与地面夹角 α 可由图 2(a)求得^[5]:

当掘土铲由 A_1C_1 移动到 A_2C_2 时,在 A_1 点土粒 B_1 被压紧到 B_2 , B_1B_2 与铲面 A_1C_1 法线偏一外摩擦角 ψ 。铲的平移距离为 S ,被压缩的土壤体积为 $(\Delta A_1B_2A_2)$,当这一土块压缩后达到失效面上的剪切强度限时,便开始出现裂纹。一般情况下, T , Q 力在同一作用线上,则有

$$T = \tau b(a - h)/\sin\theta < Q = \frac{1}{2}Lhbq(\text{kN}) \quad (1)$$

式中, T 为剪力(kN); b 为铲宽(mm); τ 剪切面上的剪应力,可用 coulumb 定律计算即 $\tau = C + \sigma \tan\varphi$; a 为铲的工作深度(mm); θ 为剪切面与水平面的夹角($^\circ$); Q 为压紧力(kN); q 为压缩单位体积的土壤的作用力(N/cm^3)。

由图 2(a) 的几何关系得

$$h = L \frac{\cos(a + \varphi)}{\cos\varphi} \sin a$$

$$\text{令 } \frac{\cos(a + \varphi)}{\cos\varphi} \sin a = m, \quad \text{则 } h = m \times L$$

代入式(1) 经整理后得

$$mq\sin\theta L^2 + 2m\tau L - 2\tau a = 0$$

解此方程,并取 L 为正值,得

$$L = \frac{-m\tau + \sqrt{(m\tau)^2 + 2\tau amq\sin\theta}}{mq\sin\theta} \quad (2)$$

当掘土铲与水平面的夹角 $\alpha = 20^\circ$ 时,掘土铲与土壤间的外摩擦角 $\psi = 26^\circ$, $\tau = 3 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-2}$, $q = 5 \text{ N} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\theta = 50^\circ$, $a = 20 \text{ cm}$, 则 $m = 0.26434$, 代入(2) 式得 $L = 10.13 \text{ cm}$ 。即当铲前进 10 cm 左右即出现裂纹。如其他条件不变,掘土铲与水平面的夹角增大到 60° , 则 $L = 20.82 \text{ cm}$, 铲的行程加大,掘土铲切削土壤阻力就越大,故 α 不宜太大,在此选取 25° 。

掘土铲刃口夹角的确定,如图 2(b) 所示,对其进行力学分析,它必须满足下列不等式^[6-8]:

$$R_t \geq R_n \mu_1 = R_n \tan\varphi \quad (3)$$

式中, R 为作用于铲刃的阻力(N); μ_1 为土壤与钢的摩擦系数, $\mu_1 = \tan\varphi \approx 0.85 \sim 0.9$ 。

由图中得出下列不等式:

$$R \cdot \cos \frac{\theta}{2} \geq R \sin \frac{\theta}{2} \cdot \tan\varphi$$

$$\text{即: } \theta \leq 180^\circ - 2\varphi \quad (4)$$

事实上 $\theta/2$ 的值通常采用 $50^\circ \sim 62^\circ$, 该掘土铲采用 $\theta = 120^\circ$ 。

铲的长度可由挖掘深度 h 与倾角 α 计算,即:

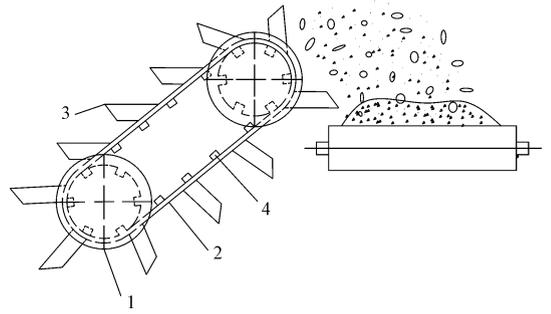
$$L = \frac{2h}{\sin\alpha} \quad (5)$$

根据以上公式可得,掘土铲的参数选取如下:刃切口夹角 θ 为 120° ,总宽度为 94 cm(单铲宽度 B 为 23 cm),铲的倾角 $\alpha = 25^\circ$,铲的最大长度为 42 cm,取 $L = 40 \text{ cm}$ 。

2.2 土壤输送机构

土壤输送机构是土壤输送部件的机构总称。主要由纵向土壤输送机构、输土轮、横向土壤输送机构、输土斗等组成。

2.2.1 纵向土壤输送机构的设计 纵向土壤输送机构用于将掘土铲掘取的土壤从纵向土壤输送机构输送到横向土壤输送机构。主要由纵向输土轮、纵向输送带和输土斗等组成,其结构如图 3 所示。根据该机的配套动力和输送带的设计技术要求^[9],最终确定该纵向土壤输送机构的线速度 V_1 : $1.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;传动带的传动比为 1:1;升运器倾角 β : 42° ;前输土轮轴距 L_1 : 1 050 mm;输送带宽度 B_1 : 790 mm;输土斗间距离: 175 mm。



1. 输土轮 Soil transmission wheel; 2. 输送带 Soil conveyor; 3. 输土斗 Soil transmission bucket; 4. 送土板定位块 Positioning block of soil transmission plate

图 3 纵向土壤输送机构

Fig.3 Structure of vertical soil transmission device

2.2.2 纵向输土轮的设计 输土轮的结构如图 4 所示,输土轮功用是支撑输送带进行土壤输送的转辊。其中间位置设计成矩形凹槽形状,传动带上的定位块设计成与之相对应的凸块形状。工作时,输送带上的定位块与输土轮的矩形槽相啮合进行传动,同时输土轮两侧还设有圆盘凸缘,两者都是为了防止输送带在高速旋转时发生跑偏。

根据田间实验研究,输土轮轴的线速度在 $1.2 \sim 1.6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 范围内效果最佳,主、从输土轮轴的转速为 $135 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 故传动比 i 为 1。由此最终得到输土轮的外形尺寸:输土轮的长度为 940 mm,定位块的宽度为 95 mm,定位块的厚度为 60 mm,输土轮的直径为 130 mm。

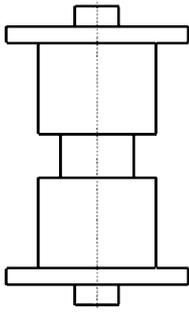


图 4 纵向输土轮结构图

Fig.4 Structure of vertical soil transmission wheel

2.2.3 横向土壤输送机构的设计 横向土壤输送机构的功能是将横向土壤输送机构上的土壤抛送到越冬的葡萄藤上,主要由横向输土轮、横向输送带和轴承座等组成。它的线速度由纵向土壤输送机构的线速度和抛土距离确定,横向土壤输送机构的线速度要稍大于纵向土壤输送机构的线速度,这样才能避免土壤在横向土壤输送机构上的堆积。由试验可知,横向土壤输送机构的线速度不低于 $1.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,即 $V_2 > 1.65 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;后输土轮轴距 $L_2: 1\ 200 \text{ mm}$;输送带宽度 $B_2: 790 \text{ mm}$ 。

2.2.4 输土斗的设计 输土斗是存放和输送土壤的关键零件,其设计要求为:输土斗的容积 V 应大于掘土铲的取土量 $G^{[5]}$,经参考相关文献得出掘土铲的取土量 G 的计算公式:

$$G = \gamma b[(a - h)L - \frac{1}{2}L \cdot L \frac{\sin\alpha \sin\theta}{\sin(\alpha + \theta)}] \quad (6)$$

式中, γ 为土壤容重,一般状态下旱田土壤 $\gamma = 1.2 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ 。

根据理论分析和田间试验得出掘土铲的取土量 $G \approx 600 \text{ kg}\cdot\text{min}^{-1}$,输土斗可利用厚 2 mm 的薄钢板冲压和打孔成型,结构如图 5 所示,利用螺栓联接与输送带固连在一起。

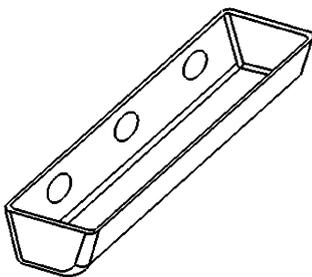


图 5 输土斗的结构示意图

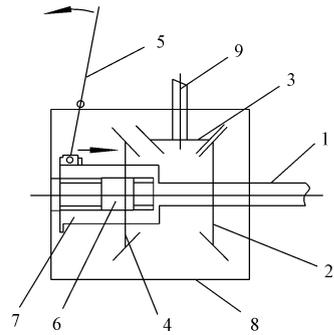
Fig.5 Structure of soil transmission bucket

2.3 减速、换向装置设计

该机构采用两级锥齿轮减速、换向的传动方式,

其结构如图 6 所示。减速的功用是将拖拉机的动力输出轴转速 ($540 \text{ r}\cdot\text{min}^{-1}$) 经中间传动箱的锥齿轮减速,传动比为 2,传至机架侧边上的换向装置。

换向装置是通过人工搬动机架侧边上的齿轮箱的操纵手柄,改变连接横向输土机构的齿轮箱输出轴的转向,从而改变横向土壤输送机构的旋转方向,实现分别向两侧埋藤的目的。



1. 输入轴 Input axis; 2. 主动锥齿轮 Driving bevel gear; 3. 从动锥齿轮 Driven bevel gear; 4. 换向锥齿轮 Reversing bevel gear; 5. 换向手柄 Reversing handle; 6. 圆柱状空腔 Cylindrical cavity; 7. 滑套 Sliding sleeve; 8. 箱体 Gearbox; 9. 输出轴 Output axis

图 6 减速、换向装置的结构示意图

Fig.6 Structure of decelerating and reversing device

3 田间试验

3.1 试验条件

2011 年 11 月,田间试验在甘肃省兰州市甘肃农业大学的试验基地进行,试验对象为 3 年期葡萄藤,扶倒平均高度为 198.3 mm,扶倒平均宽度为 284.5 mm,行距 2.5 m,试验面积为 3.7 hm^2 。试验田的土壤为黄色轻壤土,土壤容重为 $1.30 \sim 1.35 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,土壤坚实度 $< 250 \times 10^3 \text{ Pa}$,土壤含水率 22%,地面较平整、土壤干燥、松散并且杂草少。试验中机具的工作参数为:配套动力为 22.1 kW 东方红-300 型拖拉机,前进行驶的速度范围为 $2.15 \sim 28.16 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ ^[11],掘土铲面倾角 20° ,作业时前进速度为 $2.15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

3.2 试验方法

在以上试验条件的前提下,该葡萄埋藤机(见图 1)作业时,采用正交试验法,随机抽取 3 行,每行随机取 9 个点。扒开断面对覆土厚度、覆土宽度和抛土距离进行测定,得出各因素之间的优化组合。

3.3 试验指标

为了对葡萄埋藤机进行定量的分析研究。通过参考相关文献,参照行业业内人士的观点和实地考察的结果,确定了冬季葡萄越冬埋藤机试验结果的指标主要为覆土厚度、宽度和抛土距离^[3,12-13]。

以上三者的测量方法:样机工作一个行程后,利用长度测量尺(如卷尺)进行测量。

3.4 试验因素及水平

影响试验指标的因素很多,其中有些因素虽然非常重要,但人们无法控制,如土壤的含水量与地里的杂草状况,葡萄种植模式的分布状况等因素。因此本次试验主要考察人们可以控制又对试验指标影响最主要的因素:掘土铲的长度、纵向输送带的线速度与横向输送带的线速度进行试验研究。为满足试

验需要分别制作了3种长度的挖掘铲,通过改变传动装置的传动比可以实现横、纵向输土机构的不同线速度,由以往的经验得知,各因素之间的交互效应对试验指标有重要影响,所以本次试验中考虑各因素之间的交互作用对指标的影响。试验的因素及水平见表2。

根据考察的因素及水平选用 $L_{27}(3^{13})$ 的正交表来安排试验,试验结果见表3。

表2 因素水平

Table 2 Factors and levels of testing

水平 Levels	因素 Factors		
	A	B	C
	掘土铲长度/cm Length of soil digger	纵向输送带的线速度/(m·s ⁻¹) Linear velocity of vertical soil conveyer	横向输送带的线速度/(m·s ⁻¹) Linear velocity of horizontal soil conveyer
1	35	1.1	1.45
2	38	1.4	1.50
3	40	1.7	1.65

表3 试验结果

Table 3 Results of testing

试验号 Code											覆土厚度	覆土宽度	抛土距离
	A	B	(A×B) ₁	(A×B) ₂	C	(A×C) ₁	(A×C) ₂	(B×C) ₁	(B×C) ₂	Covering depth/cm	Covering width/cm	Throwing distance/cm	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	24.1	79.7	32.4	
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	23.8	80.1	43.3	
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	21.9	82.3	51.4	
4	1	2	2	2	1	1	1	2	3	24.3	79.4	32.1	
5	1	2	2	2	2	2	2	3	1	23.7	80.8	42.8	
6	1	2	2	2	3	3	3	1	2	24.6	80.4	51.7	
7	1	3	3	3	1	1	1	3	2	23.9	78.4	32.4	
8	1	3	3	3	2	2	2	1	3	24.2	89.1	43.7	
9	1	3	3	3	3	3	3	2	1	23.8	81.2	51.4	
10	2	1	2	3	1	2	3	1	1	29.1	92.2	31.9	
11	2	1	2	3	2	3	1	2	2	29.7	93.1	42.5	
12	2	1	2	3	3	1	2	3	3	29.4	93.2	51.1	
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	28.9	92.8	31.8	
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	29.3	93.1	42.9	
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	28.7	94.2	51.5	
16	2	3	1	2	1	2	3	3	2	28.3	92.8	32.5	
17	2	3	1	2	2	3	1	1	3	28.4	93.8	41.9	
18	2	3	1	2	3	1	2	2	1	27.9	92.3	51.4	
19	3	1	3	2	1	3	2	1	1	33.5	104.6	32.9	
20	3	1	3	2	2	1	3	2	2	33.1	104.8	43.8	
21	3	1	3	2	3	2	1	3	3	33.7	105.2	50.8	
22	3	2	1	3	1	3	2	2	3	33.6	104.9	33.2	
23	3	2	1	3	2	1	3	3	1	33.7	105.2	43.7	
24	3	2	1	3	3	2	1	1	2	33.7	105.9	51.1	
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	32.9	104.7	32.8	
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	33.3	105.4	43.1	
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	33.6	104.8	51.3	

表 3 续

结果 Results	A	B	(A × B) ₁	(A × B) ₂	C	(A × C) ₁	(A × C) ₂	(B × C) ₁	(B × C) ₂	覆土 厚度/cm Covering depth	覆土 宽度/cm Covering width	抛土 距离/cm Throwing distance
K_1	214.3	258.3	255.4	256.5	258.6	258.4	260.7	259.6	258.7	775.1	2505.4	1141.4
K_2	259.7	260.5	260.6	257.5	259.2	259.0	257.7	258.7	258.6			
K_3	301.2	256.3	259.1	261.1	257.3	257.7	256.7	256.8	257.7			
k_1	23.81	28.70	28.38	28.50	28.73	28.71	28.97	28.84	28.74			
k_2	28.86	28.95	28.96	28.61	28.80	28.78	28.63	28.74	28.73			
k_3	33.46	28.48	28.79	29.01	28.59	28.63	28.52	28.53	28.63			
R	9.65	0.47	0.58	0.51	0.21	0.15	0.45	0.31	0.11			
S	425.6	0.98	1.59	1.30	0.21	0.09	0.96	0.45	0.07			
K_1	722.4	835.2	837.0	837.1	829.5	832.6	833.4	836.3	833.9			
K_2	837.5	836.7	834.0	834.1	836.4	834.7	834.9	833.4	834.4			
K_3	945.5	833.5	834.4	834.2	839.5	838.1	837.1	835.7	837.1			
k_1	80.27	92.80	93.00	93.01	92.17	92.51	92.60	92.92	92.66			
k_2	93.06	92.97	92.67	92.68	92.93	92.74	92.70	92.60	92.71			
k_3	105.1	92.61	92.71	92.69	93.28	93.12	93.01	92.86	93.01			
R	24.83	0.36	0.33	0.33	1.11	0.61	0.41	0.32	0.35			
S	276.6	0.57	0.59	0.65	5.82	1.71	0.77	0.52	0.66			
K_1	381.2	380.1	380.9	380.5	380.0	381.5	377.4	380.2	380.7			
K_2	377.5	380.8	379.3	379.9	387.7	379.2	382.7	380.8	381.6			
K_3	382.7	380.5	381.2	381.0	461.7	380.7	381.3	380.4	379.1			
k_1	42.36	42.23	42.32	42.28	42.22	42.39	41.93	42.24	42.30			
k_2	41.95	42.31	42.14	42.21	43.08	42.13	42.52	42.31	42.40			
k_3	42.53	42.28	42.36	42.33	51.30	42.30	42.37	42.27	42.12			
R	0.58	0.08	0.22	0.12	9.08	0.36	0.95	0.07	0.28			
S	0.59	0.03	0.23	0.07	0.86	0.30	1.68	0.02	0.36			

3.5 试验结果分析

由试验结果的极差分析^[14-16], $R = k_{\max} - k_{\min}$, 故覆土厚度各因素的优水平和因素主次顺序依次为 A_3 、 $[(A \times B)_1]_1$ 、 $[(A \times B)_2]_2$ 、 B_2 、 $[(A \times C)_2]_1$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 、 C_2 、 $[(A \times C)_1]_1$ 、 $[(B \times C)_2]_1$ 。覆土宽度各因素的优水平和因素主次顺序依次为 A_3 、 C_3 、 $[(A \times C)_1]_3$ 、 $[(A \times C)_2]_3$ 、 B_2 、 $[(B \times C)_2]_3$ 、 $[(A \times B)_1]_1$ 、 $[(A \times B)_2]_1$ 、 $[(B \times C)_1]_1$ 。抛土距离各因素的优水平和因素主次顺序依次为 C_3 、 $[(A \times C)_2]_2$ 、 A_3 、 $[(A \times C)_1]_1$ 、 $[(B \times C)_2]_2$ 、 $[(A \times B)_1]_3$ 、 $[(A \times B)_2]_3$ 、 B_2 、 $[(B \times C)_1]_2$ 。由此可知,在前两种组合中,掘土铲的长度占据了首要位置,在后一种组合中,横向输送带的线速度占据了首要位置。

为了得到最优的水平组合,对数据进行方差分析,结果见表 4。从方差分析表 4 的结果可以看出,对覆土厚度和覆土宽度而言,因素 A 对试验指标的影响高度显著;其他因素对试验指标的影响不显著。由于试验结果指标是覆土厚度和覆土宽度,数据越

大说明埋藤机的埋藤质量越好,通过试验的数据分析可知,最好的覆土厚度和覆土宽度的参数 $A_3B_2C_3$,与极差分析结果相一致。对抛土距离来说,因素 C 和 $A \times C$ 对试验指标的影响较显著,其余对试验指标的影响不显著。由于试验结果指标是抛土距离,数据越大说明抛土的距离越远,说明开沟取土的掘土铲离葡萄根系越远,更不易伤到葡萄根部。通过试验的数据分析可知,最终较优的抛土参数为 $B_2A_3C_3$ 。

为了验证该工作参数的科学性与合理性,选取了上述试验中覆土厚度、覆土宽度和抛土距离综合效果较好的试验条件做重复试验。以表 2 中的试验数据为依据,选取试验号为 1、4、9、15、17 的试验条件做多次重复试验。试验结果如表 4 所示。由表 4 中的数据可知:最好的作业参数条件是掘土铲的长度为 40 cm、纵向输送带的线速度 $1.4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 、横向输送带的线速度 $1.65 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,与正交试验分析吻合。以此参数进行埋藤作业,可测得覆土厚度的平均值

为 33.7 cm,覆土宽度的平均值为 105.9 cm,抛土距离的平均值为 51.1 cm。

表4 试验数据的方差分析

Table 4 Variance analysis on test data

项目 Items	方差来源 Sources of variation	离差平方和 Sum of deviation square	自由度 Degree of freedom	平均离差平方和 Sum of average deviation square	F 值 F value	临界值 Marginal value	显著性 Significance
覆土厚度 Covering depth/cm	A	425.6	2	212.8	76.879		* *
	B	0.980	2	0.490	0.178	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$	
	C	0.210	2	0.105	0.038	$F_{0.05}(4,8) = 3.84$	
	A × B	2.890	4	0.723	0.261	$F_{0.01}(2,8) = 8.65$	
	A × C	1.050	4	0.263	0.095	$F_{0.01}(4,8) = 7.01$	
	B × C	0.520	4	0.130	0.047		
	误差 Error	22.14	8	2.768			
总和 Total	435.46	26					
覆土宽度 Covering width/cm	A	276.6	2	138.3	131.83		* *
	B	0.570	2	0.285	0.271	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$	
	C	5.820	2	2.910	2.774	$F_{0.05}(4,8) = 3.84$	
	A × B	1.240	4	0.310	0.296	$F_{0.01}(2,8) = 8.65$	
	A × C	2.480	4	0.620	0.591	$F_{0.01}(4,8) = 7.01$	
	B × C	1.180	4	0.450	0.043		
	误差 Error	8.390	8	1.049			
总和 Total	2785.78	26					
抛土距离 Throwing distance/cm	A	0.590	2	0.295	0.347		
	B	0.030	2	0.015	0.288	$F_{0.05}(2,8) = 4.46$	
	C	0.860	2	0.430	8.269	$F_{0.05}(4,8) = 3.84$	*
	A × B	0.300	4	0.075	1.442	$F_{0.01}(2,8) = 8.65$	
	A × C	1.980	4	0.495	9.519	$F_{0.01}(4,8) = 7.01$	* *
	B × C	0.380	4	0.095	0.183		
	误差 Error	0.420	8	0.052			
总和 Total	4.830	26					

表5 验证试验数据表

Table 5 Results of verification test

A 掘土铲长度/cm Length of soil digger	B 纵向输送带的 线速度/($m \cdot s^{-1}$) Linear velocity of vertical soil conveyor	C 横向输送带的 线速度/($m \cdot s^{-1}$) Linear velocity of horizontal soil conveyor	覆土厚度/cm Covering depth	覆土宽度/cm Covering width	抛土距离/cm Throwing distance
35	1.1	1.45	24.7	79.3	32.2
35	1.1	1.50	23.8	79.6	43.4
38	1.1	1.50	29.6	92.1	43.7
38	1.4	1.65	29.1	92.4	51.3
40	1.7	1.65	33.8	105.9	51.1

4 结 语

1) 研制的新型葡萄埋藤机采用犁铲式结构取土部件、纵向土壤输送装置和横向土壤输送装置的结构,符合当地葡萄藤冬季顺利越冬的农艺要求(葡萄藤防寒土堆的宽度 > 100 cm,厚度 > 30 cm)。

2) 在本研究正交试验的基础上得出:影响覆土厚度和覆土宽度的因素主要是掘土铲长度;影响抛

土距离的主要因素是横向输送带的线速度。该埋藤机最佳的参数组合为掘土铲的长度 40 cm、纵向输送带的线速度 $1.4 m \cdot s^{-1}$ 、横向输送带的线速度 $1.65 m \cdot s^{-1}$ 。

3) 试验结果表明:该机的覆土厚度的平均值为 33.7 cm,覆土宽度的平均值为 105.9 cm,抛土距离的平均值为 51.1 cm,设计的整机满足葡萄越冬埋藤的农艺要求。

参 考 文 献:

- [1] 庞俊杰,勾贺明,宁书臣.我国葡萄机械化埋藤技术及其发展[J].中外葡萄与葡萄酒,2008,(3):32-33.
- [2] 奚佳有.葡萄埋藤机械化技术探讨[J].农业技术与装备,2010,2(9):63-64.
- [3] 蒙贺伟,李进江,坎 杂,等.PM-1200型悬挂式葡萄埋藤机研制[J].农机化研究,2012,2(2):97-100.
- [4] 刘忠军.葡萄埋藤机的设计与研究[D].北京:中国农业机械化科学院,2011:1-9.
- [5] 曾德超.机械土壤动力学[M].北京:高等教育出版社,1995:367-398.
- [6] 张成利,王明国.中耕双翼铲牵引阻力的研究[J].拖拉机与农业机械,1984,(6):20-24.
- [7] 宋言明,王芬娥.新型马铃薯联合收获机的总体设计[J].甘肃农业大学学报,2009,44(1):151-154.
- [8] 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学[M].北京:高等教育出版社,2002:174.
- [9] 曹助家.V-平带传动的设计方法[J].石油机械,1991,19(6):31-35.
- [10] 邓振清,林日暖.甘肃省土壤农业水文特性的研究[J].自然资源学报,1989,2(4):137-143.
- [11] 第一拖拉机股份有限公司.东方红 300P 拖拉机使用保养说明书[Z].河南:第一拖拉机股份有限公司,2004:1-40.
- [12] 庞俊杰,宁书臣,李忆萱.MT200-2 葡萄埋藤机及作业技术要点[J].现代农业装备,2006,(1):70-71.
- [13] 刘忠军,杨学军,刘立晶,等.葡萄藤越冬埋土机的设计[J].农机化研究,2012,2(2):113-115.
- [14] 陈 魁.试验设计与分析[M].北京:清华大学出版社,1996:399.
- [15] 吴贵生.试验设计与数据处理[M].北京:冶金工业出版社,1997:234.
- [16] 孙步功,龚 俊,辛 舟,等.滴灌用黄河水泥沙分离试验研究[J].农业工程学报,2008,24(8):51-53.
- [17] 中国农业机械化科学研究院.农业机械设计手册[M].北京:中国农业科学技术出版社,1972:329.
- [18] 李宝筏.农业机械学[M].北京:中国农业出版社,2003:134.
- [19] 孙 伟,吴建民,黄晓鹏,等.2BFM-5 型山地免耕播种机的设计与试验[J].农业工程学报,2011,27(10):26-31.
- [7] 邹凯旭,张 强.近半个世纪我国干旱变化的初步研究[J].应用气象学报,2008,19(6):679-687.
- [8] 马柱国,华丽娟,任小波,等.中国近代北方极端干湿事件的演变规律[J].地理学报,2003,58(增刊):69-74.
- [9] 贺晋云,张明军,王 鹏,等.近 50 年西南地区极端干旱气候变化特征[J].地理学报,2011,66(9):1179-1190.
- [10] 解明恩,程建刚,范 波.2003 年云南夏季罕见高温干旱的诊断研究[J].气象,2005,31(7):32-37.
- [11] 晏红明,程建刚,郑建萌,等.2009 年云南秋季特大干旱的气候成因分析[J].大气科学学报,35(2):229-239.
- [12] 刘 瑜,赵尔旭,黄 玮,等.2005 年初夏云南严重干旱的诊断分析[J].热带气象学报,2007,23(1):35-40.
- [13] 王秋良,张立凤.2006 年夏季重庆高温伏旱环流特征分析[J].干旱气象,2008,26(1):1-7.
- [14] 刘建刚,谭徐明,万金红,等.2010 年西南特大干旱及典型场次旱灾对比分析[J].中国水利,2011,(9):17-19.
- [15] 李永华,卢楚翰,徐海明,等.热带太平洋-印度洋海表温度变化及其对西南地区东部夏季旱涝的影响[J].热带气象学报,2012,28(2):145-156.
- [16] Lu E, Luo YL, Zhang RH, et al. Regional atmospheric anomalies responsible for the 2009-2010 severe drought in China[J]. Journal of Geophysical Research - Atmospheres, 2011, 116, doi: 10.1029/2011JD015706.
- [17] 熊光洁,王式功,尚可政,等.中国西南地区近 50 年夏季降水的气候特征[J].兰州大学学报(自然科学版),2012,48(4):45-52.
- [18] New M, Lister D, Hulme M, et al. A high-resolution data set of surface climate over global land areas[J]. Climate Research, 2002,21:1-25.
- [19] Onogi K. The JRA-25 Reanalysis[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, 2007,85(3):369-432.
- [20] McKeen T B, Doesken N J, Kleist J. Drought monitoring with multiple time scales[C]//Proceeding of the Ninth Conference on Applied Climatology. Boston: Amer. Meteor. Soc., 1995:233-236.
- [21] Wu H, Svoboda MD, Hayes MJ, et al. Appropriate application of the standardized precipitation index in arid locations and dry seasons[J]. International Journal of Climatology, 2007,27:65-79.
- [22] Husak G J, Michaelsen J, Funk C. Use of the gamma distribution to represent monthly rainfall in Africa for drought monitoring applications[J]. International Journal of Climatology, 2007,27(7):935-944.
- [23] Thom H. C. S. Some methods of climatological analysis[M]. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1966:53.
- [24] 中国气象局政策法规司.气象标准汇编[M].北京:气象出版社,2007:33-64.
- [25] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等.我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J].应用气象学报,1997,8(1):26-32.
- [26] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等.西北地区旱涝指标的研究[J].高原气象,1998,17(4):381-386,48-56.
- [27] 方建刚,白爱娟.陕西春季干旱与多雨的环流特征对比分析[J].干旱区地理,2010,33(3):363-368.

(上接第 244 页)