

宁夏现代葡萄园中耕机设计

王 凡 任文变

宁夏大学新华学院 750001

摘 要: 在葡萄园的种植和生产管理过程中, 葡萄株间及根部杂草大量消耗土壤中的养分, 严重影响了葡萄的正常生长, 降低了葡萄果实的产量和质量。分析现有中耕设备的优劣性及整地技术, 而研究的一款田间除草的中耕设备以及土地整平技术相结合的优化设计。该机主要由机架、限深轮、松土、除草、覆土器以及镇压装置六部分组成, 各部分相互作用通过调节限深装置高度完成中耕、覆土、镇平一体化机械作业。

关键字: 葡萄园; 株间杂草; 中耕机; 覆土; 镇平

Modern vineyard medium tiller design in Ningxia

Fan Wang, Wenbian Ren

Xinhua College of Ningxia University 750001

Abstract: In the process of vineyard planting and production management, the weeds between grapes and roots consume a lot of nutrients in the soil, which seriously affects the normal growth of grapes and reduces the yield and quality of grape fruit. The advantages and disadvantages of the existing intertillage equipment and the land preparation technology are analyzed, and then the optimization design of a field weeding intertillage equipment and land leveling technology is studied. The machine is mainly composed of six parts: frame, depth limiting wheel, soil loosening, weeding, soil covering device and ballast device. The interaction of each part completes the integrated mechanical operation of intertillage, soil covering and town leveling by adjusting the height of the depth limiting device.

Keywords: vineyard; weeds between plants; tiller; soil; zhenping

引言

宁夏贺兰山东麓位于北纬 $37^{\circ} 43' \sim 39^{\circ} 23'$, 在葡萄种植方面具有得天独厚的优势, 属于中度半干旱气候, 雨量稀少, 日照时间长, 昼夜温差大。地理条件优越, 葡萄产业发展迅速, 是最适宜葡萄种植和酿造高端葡萄酒的地区之一, 并已在海外得到广泛认可^[1]。

在葡萄种植过程中, 田间管理对于保证葡萄的高品质至关重要, 其中杂草控制是田间管理的重要环节之一。但是, 葡萄园杂草数量多、生长快、争夺肥水严重, 特别是有些杂草还是病虫的传播媒介和寄主, 使葡萄园病虫害发生严重, 从而影响果实的品质和产量。葡萄园的除草方式主要有人工除草、化学除草、机械除草。人工除草较为干净, 能够除去行间及株间杂草, 但是劳动强度大, 除草效率低, 成本高; 化学除草高效、省时、省力, 但容易造成土壤板结及提高杂草的抗药性, 也容易污染环境, 使得葡萄残留农药量大, 对葡萄的品质产生严重影响, 对人的身体健康也造成一定的危害; 机械除草能够克服人工除草与化学除草的缺点, 具有效率高、环保、经济效益好等优点^[2]。综合分析以上三种除草方式, 机械除草是目前最适合葡萄园的除草方式。

小规模葡萄园大多采用背负式除草机, 中型葡萄园

大多采用手推式除草机, 大型葡萄园对于行间除草大多采用旋耕机, 由拖拉机作为牵引和动力输出, 规格型号视行距而定, 通过旋耕锄掉行间杂草^[3]。但在除草后土地并不平整, 还需要花费人力进行人工整平, 以保证行间土地表面与葡萄树表面的高度差。基于以上原因, 本课题针对宁夏贺兰山东麓葡萄园的现状设计研究葡萄园行间除草中耕系统, 在旋耕机的基础上增加土地平整机构及高度测试装置, 以提高葡萄园行间除草效率, 并保证行间地面与株间地面的高度差。

然而, 目前中耕设备种类繁多, 但适用性不强, 不能满足许多地区推广应用的需要。并且现有的除草技术大多是避障除草, 除草后土地整平需要人工进行整平, 为此, 进行了中耕除草整平一体化设计, 在提高行间除草效率的同时, 实现了土地平整作业, 从而达到了除草整平一体化作业, 具有非常大的意义。

1 中耕设备的整体结构及工作原理

根据宁夏贺兰山东麓地区气候及葡萄树的埋种方式的特点应用方面采用专用中耕机, 葡萄园中耕机的宽度主要由葡萄树的间距和耕种的需求来决定, 如图 1 为葡萄园中耕机设计的农艺要求结构示意图。

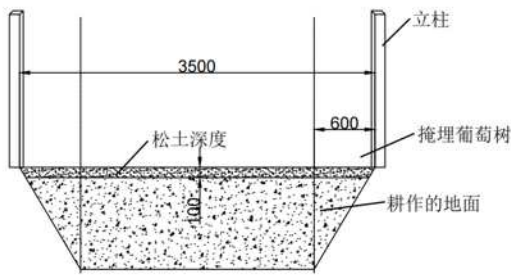


图1 葡萄园中耕系统设计的农艺要求结构示意图

采用专用中耕机的葡萄园中耕机主要由机架、松土装置、除草装置、覆土装置和整平装置等几部分组成，其中松土、覆土等工序劳动强度大，需要成套设备作业完成。为解放劳动力，设计一种中耕除草整平一体化的机械农具，如图2所示。该机采用前松土后除草的模式，可一次性完成中耕、除草、覆土、整平等多道工序。整机的设计满足：松土深度为100mm，在葡萄园中葡萄树的行间隔为3500mm，两边各留有600mm的间隔用来掩埋葡萄树，中耕机的总宽度为2300mm。

在田间作业时，整机通过三点悬挂装置与拖拉机后悬挂系统相连，并调整限深轮的上导螺杆，通过拖拉机的牵引带动机器向行驶，先用松土铲将表面的土块打碎对土壤进行初步松土，其次再用除草铲将松土后出现的杂草根系进行彻底割除，避免短周期内杂草的再生，紧接着用整体框架下端的两边覆土装置将沟外的土壤覆盖。土壤通过覆土装置将土壤收集到沟内葡萄藤的上端，将葡萄藤覆盖，最后通过土地整平装置对除草及松土后土壤进行粉碎，压平耕作层，整平土地，使土壤疏松密实。

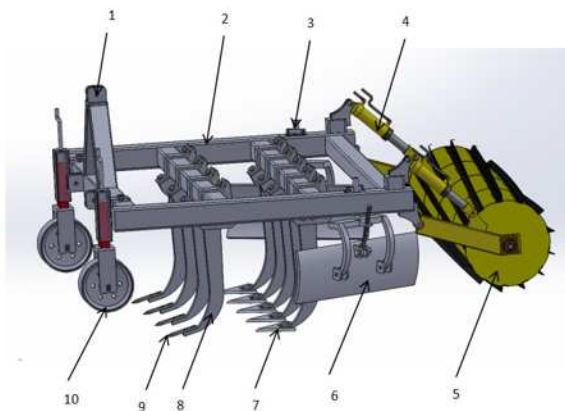


图2 葡萄园中耕机三维图

1- 悬挂装置 2- 机架 3- 夹角调节盘 4- 液压缸 5- 整平装置 6- 覆土装置 7- 铲柄 8- 限深轮

2 除草装置的设计

2.1 松土铲设计

贺兰山东麓位于银川平原西部，它是介于黄河冲积平原和贺兰山冲积扇之间的冲积平，土壤为钙质土，质轻，有机质含量高，表层为多孔砂，底土密实、松软，具有很强的透水性^[6]。它可以调节葡萄茎的含水量，非

常适合葡萄种植。葡萄园土壤虽为晚秋土壤，土壤深度较高，但深层土壤密度高、硬度高，抗杂草能力强。为了打破深部土壤的硬化，减少犁壁两侧不同土壤硬度造成的不均匀应力，在机器前部设计了一个松土铲，起到松土导向的作用。

松土装置主要是通过松土铲完成作业，松土铲主要起松土导向的作用。同时有效提高了土壤持水率、土壤温度和土壤密实度，增大前进阻力，解决了结构强度不够、刚度不够、工作阻力大的问题。

2.1.1 铲尖设计

松土铲铲尖主要由两翼、凿式、箭式两翼组成。结构简单，牵引阻力小，能有效提高土壤持水率、土壤温度和土壤密实度。因此，选择了基于箭型铲的铲头设计方案。刀尖参数包括倾斜角度、角度、长度、宽度和厚度。松土机铲尖参数包括铲尖倾角、铲尖倾角、铲尖长度、铲尖宽度和铲尖厚度。使铲尖具有自动清洗的特点，斜角需满足：

$$\gamma \leq 90^\circ - \alpha$$

式中： α ——土壤内摩擦角。

查阅相关文献，耕层及耕底层土壤内摩擦角取值范围为 $19^\circ \sim 25^\circ$ ，因此设计铲尖斜角 $\gamma = 60^\circ$ 满足要求，同时，由于土壤的坚固性较大，为了提高铲尖的入土性能和破土效果，设计了铲尖角度为 30° 。

为满足葡萄园松土效果和结构强度的要求，依据JB/T9788-1999《松土铲设计标准》，对铲尖的其他尺寸进行了设计。松土铲尖结构如图3所示。材料选用高强度材质65Mn，65Mn松土铲不仅具有良好的耐磨性，而且达到了全方位的松动效果。

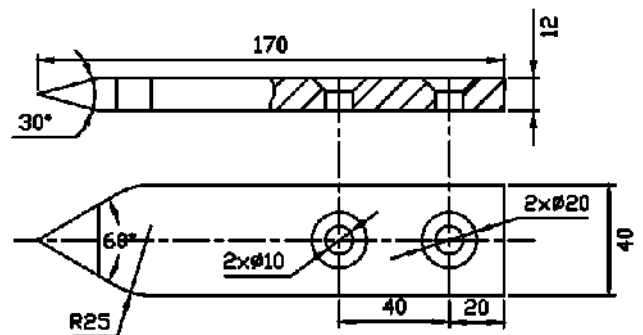


图3 松土铲铲尖结构图

2.1.2 铲柄的设计

松土铲有立式、弧形和倾斜式。在本研究中，松土机的工作环境是西北地区秋后的土壤。考虑到立式铲柄在工作时不能有效地提升土壤，前进阻力增大，倾斜铲柄向前延伸明显，但容易损坏。因此，基于弧形手柄的松土铲柄优化设计可以解决结构强度不够、刚度不够、工作阻力大的问题。

当松土机的深度比L/D（松土铲弧形段水平长度与数值长度的比值）在0.68 ~ 1.04之间时，松土机的工

作阻力最小。本研究设计的松土铲纵深比为 0.9，其他结构尺寸按 JB/T9788-1999 进行设计。铲柄结构如图 4 所示。

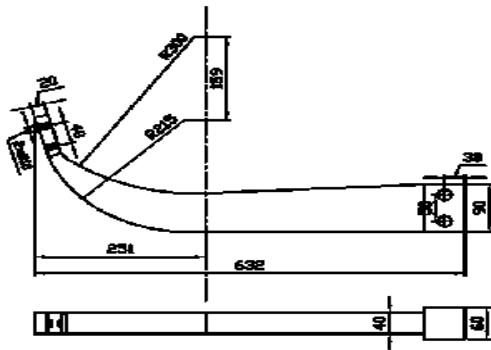


图 4 铲柄的结构图

2.2 除草铲的设计

为实现葡萄园浅层松土和杂草的切断，采用了双翼人字形刀片结构，两片刀片呈翼状分布，其结构如图 5 所示。

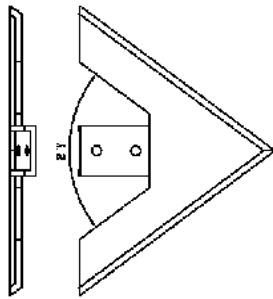


图 5 除草铲的结构

本设计的除草铲铲尖如图 5 所示。中耕机的除草铲铲尖需热处理，材料为 65Mn 钢制造，硬度要求为 42HRC~53HRC。基本设计参数有：张角为 2γ 隙角为 ε 碎土角为 β 和幅宽为 B 等。除草铲针对性强，除草干净彻底，不但可以防除杂草，而且给作物提供了良好的生长条件。在作物生长的整个过程中，实现葡萄园浅层松土和杂草的切断。

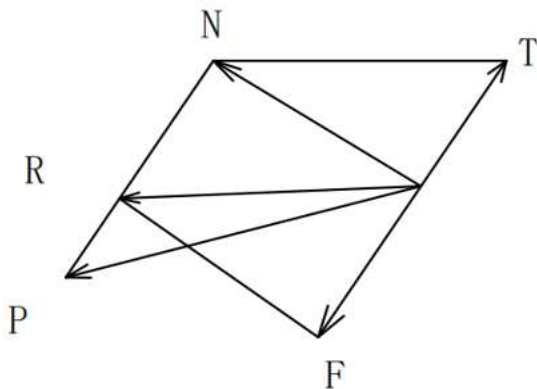


图 6 切根受力图

除草铲工作时，切根受力分析如图 6 所示。为了使草根沿着叶片滑动，必须满足：

$$T \geq F$$

式中：T—杂草根沿刃口方向的力，N；

F—阻止草根滑动摩擦力，N。

根据图 6 切根受力分析可知

$$T = P \cos \gamma$$

式中：T—杂草根沿刃口方向的力，N；

P—前进方向作用于杂草根的力，N；

γ —翼张角，°。

$$F = N \tan \phi$$

式中：F—阻止草根滑动摩擦力，N；

N—杂草根对切刀的压力，N；

ϕ —杂草根与翼刃摩擦角，°。

$$N = P \sin \gamma$$

式中：N—杂草根对切刀的压力，N；

P—前进方向作用于杂草根的力，N；

γ —翼张角，°。

故 $\gamma \leq 90^\circ - \phi$ ，杂草茬与金属切削刃的摩擦角约为 75° 。碎土角 β 愈大，碎土能力愈强，但是 β 太大土壤的侧移量愈大，阻力愈大，取 β 取值不超过 20° ，隙角 $\varepsilon \leq 10^\circ$ 。

3 覆土装置

覆土装置主要分为圆盘式、刮板式、弹齿式和抓盘式。其中刮板式和圆盘式覆土量大，条间距宽，覆土效果严格。本设计选用刮板式覆土装置，将钢板弯曲成一定弧度，使刮板不粘地，增加与地面的接触面。如图 7 所示。

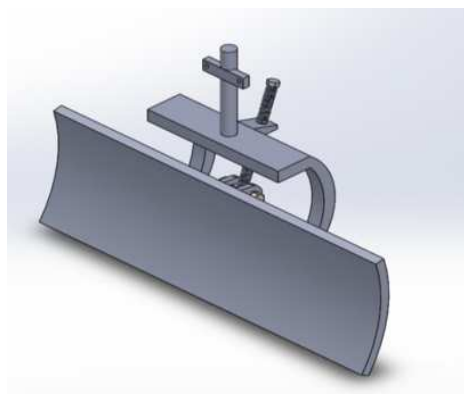


图 7 覆土装置的结构图

通过调节夹角调节盘控制水平倾斜度，加强覆土器的覆土能力。夹角调节盘的可调节范围为 $0^\circ \sim 60^\circ$ ，可以根据不同的农业需求来调节角度的大小，以此来增强覆土器的工作的效率。

4 整平装置

为了提高行间除草的效率，确保行间地面和株间地

表的高低差，研究了利用中耕机除草进行土地平整一体化的技术。

整平装置是完成整机最后工序的直接作业部件。其主要作用是提高土壤的坚固度，压碎较大的土块使得土地更为平整。整平装置主要由液压缸、整平辊轮、整平辊主轴、整平辊连接架、整平支架和轴承座等组成。液压缸与牵引中耕设备的拖拉机的液电机相连接，主轴配有螺旋辊压机。在作业过程中，螺旋机将浅层土壤压碎，掩埋杂草，完成葡萄行间、株间的全过程除草整平，从而增加土壤通风，调节土壤水分状况，促进葡萄根系生长。

整平装置主要是压实成型过程中滚动摩擦引起的功耗。可用以下公式计算：

$$P_{\text{整平}} = f_z N_z v_m$$

式中： f_z ——整平成型轮滚动摩擦系数； N_z ——整平成型力， N 。

为实现一定强度的土壤整平成型，取 $f_z = 0.08$ ，整平碎土轮施加的成形力主要通过调节后端气缸来完成，成形力取最大压缩气缸力， $N_z = 1000N$ ，代入公式可得 $P_{\text{整平}} = 0.12kW$ 。

由以上得到的各个工序作业过程所消耗的功耗，可得 $P_{\text{牵引}} = 18.532kW$ ，考虑到功率 25% 储备系数一般为 20%~30%，选用标定动力为 **25kW** 以上的拖拉机。

5 限深轮

限深轮的作用是支撑机架，为除草、松土实现机架距离地面的高度可调节。通过拖拉机牵引作为限深轮的动力，根据轴的具体载荷和应力，确定轴的具体尺寸。由于轴同时承受弯矩和扭矩，因此应同时考虑两者。根据轴的扭转强度公式是：

$$\tau_T = \frac{T}{W_T} \approx \frac{9550000 \frac{P}{n}}{W_T} \leq [\tau_T]$$

由中耕机限深轮滚动摩擦力提供动力，功率为 1.939kW。由资料查出限深轮的轮径为 280mm，由上式可知道轴的计算公式为：

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{9550000P}{0.2n[\tau_T]}} = A_0 \sqrt[3]{\frac{P}{n}}$$

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}$$

$$\omega = \frac{v}{r}$$

经计算，限深轴直径为 15mm，限深轴材质为 45 钢。

6 总结

葡萄园中耕设备的设计是对目前葡萄园出现的除草不干净、整平需要耗费大量人力等问题设计的一款集除草整平为一体的机器，是根据宁夏贺兰山东麓葡萄园土壤情况进行松土除草，而后覆土整平的设计。主要是在除草完成后对土壤中的土块进行了压碎处理，压平耕作层，整平土地，使土壤疏松密实，保证在中耕设备中除草完成后就能够进行覆土整平，并且覆土装置的设计改变了葡萄的生态环境，更好的促进葡萄由营养生长转为生殖生长的过程，同时代替了人工进行覆土掩埋，从一定程度上大大减少了人力劳动及大量机械设备的引入，增强了生产效率，为人们提供了诸多方便。

参考文献

- [1] 温海燕. 宁夏贺兰山东麓葡萄酒产业的发展战略研究 [J]. 科技经济导刊, 2019: 89-90
 - [2] 龙生平. 浅析贺兰山东麓葡萄酒产业发展的现状、存在问题及对策 [J]. 种子科技, 2018.11: 11-13
 - [3] 尚书旗, 王东伟, 鹿光耀. 我国葡萄机械化生产现状与发展趋势 [J]. 农机科技推广, 2014(5): 7-9
- 基金项目：宁夏大学新华学院科学研究基金项目“宁夏现代葡萄园中耕系统设计研究”（项目编号 20XHXY13）