

文章编号: 1671-0444(2018)04-0640-06

基于快速识别的大蒜播种机的总体设计

林吉靓, 刘明显

(开封大学 机械与汽车工程学院, 河南 开封 4750004)

摘要: 播种大蒜要求蒜瓣的鳞芽朝上直立入土。通过分析大蒜外形特点及种植要求, 并对拾取式大蒜播种机进行简要说明, 设计了具有鳞芽识别装置的大蒜播种机。依次对大蒜播种机的拾取机构、鳞芽识别机构、直立插播机构、调向机构以及行走地轮进行设计。所设计的凸轮滑块式鳞芽识别机构能快速、准确地识别大蒜鳞芽的朝向, 保证蒜种进行鳞芽朝上落种。

关键词: 大蒜; 播种机; 鳞芽; 直立; 机械式识别

中图分类号: S 22 文献标志码: B

The Overall Design of Garlic Seeder Based on Fast Identification

LIN Jijing, LIU Mingxian

(Institute of Mechanical and Automotive Engineering, Kaifeng University, Kaifeng 4750004, China)

Abstract: Garlic sowing requires the garlic bud grow and enter the soil in an upright manner. A brief description of garlic appearance characteristics, planting requirements and the pickled garlic seeder were presented, and a garlic seeder with bulbil recognition device was designed. The picking up, bud recognition, vertical insertion, yawing mechanism and the walking wheel were designed in sequence. The cam slider bud identification mechanism can identify the garlic bud orientation quickly and accurately and ensure the garlic seed sprouts upwards.

Key words: garlic; seeder; bud; upright; mechanical identification

大蒜是我国重要的经济作物,也是人们日常生活中必需的食材,其具有很高的药用价值。我国有20多个地区生产大蒜,比如山东金乡、河南开封等。随着种植面积的逐年增加,大蒜及其相关产品远销至200多个国家和地区,并且全球80%的大蒜种植集中在我国。金诚谦等^[1]发现蒜种在鳞芽向上直立种植时幼苗成长快、茎叶粗壮、蒜头个大、大蒜产量有保证。然而大蒜种植费时费力、劳动强度较大,为实现大蒜的机械化播种,科研人员做了大量的研究。目前大蒜播种机的研发主要集中在鳞芽识别和鳞芽朝上两个方面。鳞芽识别的播种方式有:人工识别送种^[2]、凹形取勺器拾取^[3]、震动式^[4]、摩擦式^[5]、重

心型^[6-7]及图像识别^[8]等,其中图像识别最为准确,是大蒜自动化播种的趋势,但其结构复杂,价格昂贵,工作条件要求苛刻,在实际应用方面存在很多的困难,其他识别方式都受偶然因素影响较大,使得识别率难以得到保证。鳞芽朝上直立插播的方式有:开沟投种^[3]、压穴播种^[7]以及直立插播^[5, 9]3种,三者之中以直立插播方式播种下的蒜种直立入土率最高。综合分析大蒜播种机研究现状,本文针对蒜瓣的鳞尖设计了一款具有鳞芽识别装置的大蒜播种机,可以快速识别蒜瓣朝向,实现蒜尖朝上直立播种入土。

收稿日期: 2016-12-27

基金项目: 河南省重点科技攻关资助项目(152102110150)

作者简介: 林吉靓(1979—),女,山东济南人,副教授,硕士,研究方向为机械设计与农业机械装备, E-mail: linjijing888@126.com

1 大蒜及拾取式大蒜播种机简介

1.1 大蒜特点

大蒜蒜头呈扁球形,包着有灰白色膜质蒜皮,内有7~12个蒜瓣,每一蒜瓣包着鳞皮,剥去鳞皮即是人们食用的大蒜。蒜瓣具有鳞芽尖小、根部截面大、背部呈圆弧状等外形特点。

以河南开封种植的白皮大蒜为例介绍,如图1所示,蒜瓣的鳞皮前端长有细细的鳞尖(见图1环形标记),鳞尖与鳞皮一体,结实不易扯断。200个蒜瓣外形尺寸及鳞尖情况的统计结果为:蒜瓣的长度为25~38 mm,蒜瓣的直径为13~25.5 mm,鳞皮完整率为87.71%,鳞尖的长度为5~20 mm,鳞尖合格率为72.5%。55个蒜瓣存在卷曲,7个蒜瓣不合格。造成鳞芽无法识别的原因有鳞尖长度小于3 mm、鳞芽弯曲严重、鳞芽缺失等。此外对蒜瓣头部3 mm处的直径和根部直径进行了测量,两者差别不大,均在8~12 mm之间,约70%的蒜瓣重心靠近根部。

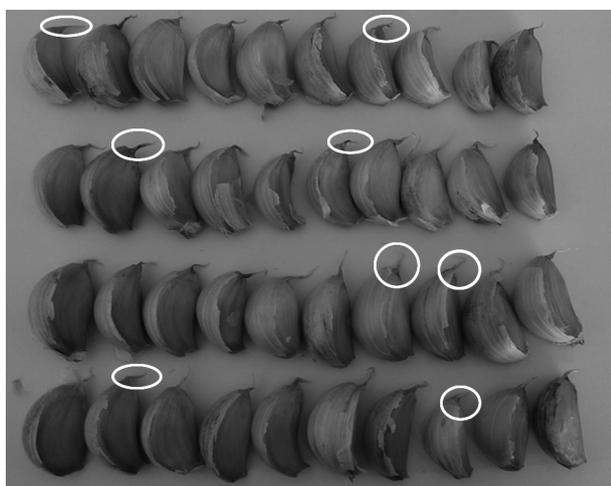
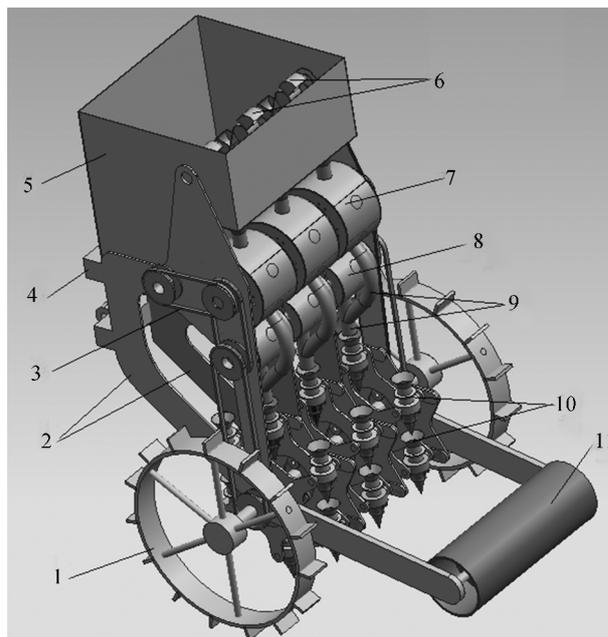


图1 河南开封白皮大蒜

Fig. 1 The white garlic from Kaifeng, Henan province

1.2 拾取式大蒜播种机介绍

拾取式大蒜播种机如图2所示。由图2可知,播种机主要包括:动力传输机构、机架及牵引支架、蒜种拾取机构、鳞芽识别机构、调向机构、直立插播机构以及覆土轮。具体工作原理为:播种机通过牵引支架(4)由拖拉机驱动前行,行走轮(1)与直立插播机构(10)同轴并给其提供动力,并通过传动链条(3)给拾取机构(6)、鳞芽识别机构(7)和调向机构(8)提供动力;蒜种拾取机构通过机架安装在播种箱之内,三行式播种箱(5)可以容纳30~40斤蒜种;拾取机构通过安装在升运链条的取蒜勺拾取蒜瓣,拨



1—行走轮;2—机架;3—传动链条;4—牵引支架;5—播种箱;6—拾取机构;7—鳞芽识别机构;8—调向机构;9—落蒜波纹管;10—直立插播机构;11—覆土轮

图2 拾取式大蒜播种机三维图

Fig. 2 The three-dimensional map of picking up garlic seeder

蒜机构保证每次拾取一个蒜瓣,株距距离为15 mm;鳞芽识别机构上方连接落蒜漏斗,下方为调向机构和落蒜波纹管(9),鳞芽识别机构的圆柱曲线滑道与两片滑块相配合,实现滑块转动的同时实现左右的直线移动,滑块合拢即可实现对鳞芽的加持并使其朝上落入下面的落蒜波纹管,没有被滑块夹持的蒜瓣落入调向机构;调向机构安装在鳞芽识别机构的下方,与其中的一个落蒜出口相连,大蒜鳞芽朝下落入调向机构,调向机构把落入的蒜瓣旋转180°进行调向,之后落入到下方的直立插播机构(10);直立插播机构模仿人工种蒜动作,闭合的插尖首先插入土中,插尖被圆筒撑开,圆筒中的蒜种直立落入土中,插尖收回,蒜种被土掩埋。三行式播种机每天可播种5~10亩(1亩=666.7 m²)大蒜,播种株距为15 cm,行距在10~15 cm之间可调。由于每行的播种机构具有独立性,因此播种机根据蒜农的意愿、播种土地的情况及地膜的宽度可改装成为六行、八行等不同播种模式。具有机械式鳞芽识别机构的大蒜播种机,结构简单,可靠性强,便于推广应用。

拾取式播种机的工作流程如图3所示。行走地轮驱动播种机的4个机构转动,拾取机构把大蒜播种瓣投到鳞芽识别机构,鳞芽朝下的蒜瓣会在第一个出口落入调向机构,调头之后再落入下方直立插播机构,鳞芽朝上的蒜瓣在第二个出口下落,直接进

入直立插播机构,蒜瓣保持垂直状态跟随插尖插入土中并被周围的流土覆盖,覆土轮会进一步起到覆土作用。

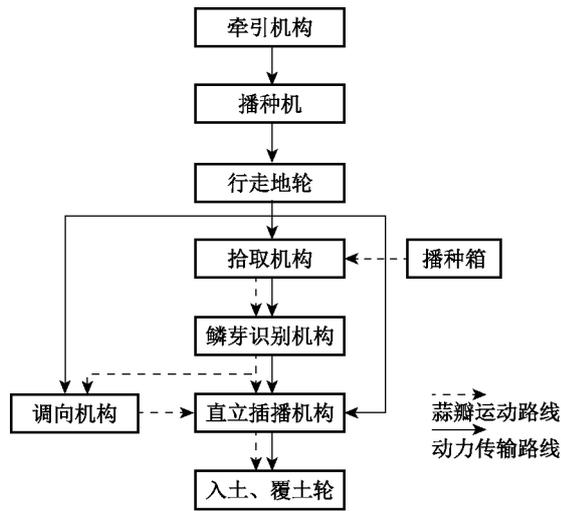


图3 拾取式大蒜播种机工作流程

Fig. 3 Flow chart of picking up garlic seeder

2 具有鳞芽识别装置的大蒜播种机设计

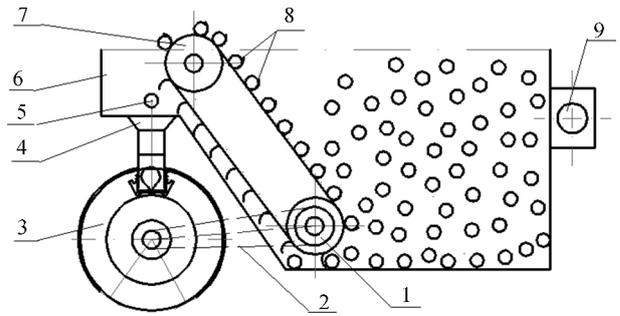
基于1.2节对播种机结构与工作流程的说明,本文主要从大蒜播种机的4个主要机构(即拾取机构、鳞芽识别机构、直立插播机构和调向机构)以及播种机的行走地轮出发,进行具有鳞芽识别装置的大蒜播种机的设计。

2.1 蒜瓣拾取机构的设计

蒜瓣拾取机构如图4所示。在拾取式播种机的播种箱一侧,悬挂与牵引机构相连;另一侧,播种箱的落蒜口下方是鳞芽识别机构和落蒜漏斗。拾取机构安装在播种箱内部,由主动轴、主动链轮、拾取链条、从动轴和从动链轮等组成。鳞芽识别机构驱动链轮通过传动链条带动拾取机构主动轴转动,其传动比是1.5:1。拾取链条长度为135 mm,每相隔15 mm安装一个取蒜勺,取蒜勺由三个弯曲的抓钩组成,随着拾取链条的转动,取蒜勺会在播种箱内舀取蒜种。为保证每次拾取一个蒜种,拾取机构的顶部配有去蒜结构,同时拾取链条的安装倾斜度不大于75°,使蒜种随链条转动的过程中不会因为振动而掉落。被拾取的蒜种随着拾取链条被抛入落蒜漏斗进入鳞芽识别机构。

2.2 鳞芽识别机构的设计

鳞芽识别机构如图5所示,其可用于识别大蒜鳞芽朝向^[10],主要包括识别器外筒、压蒜筒、主动端盖、固定端盖、滑块支撑板、压块、圆柱凸轮、滑块和

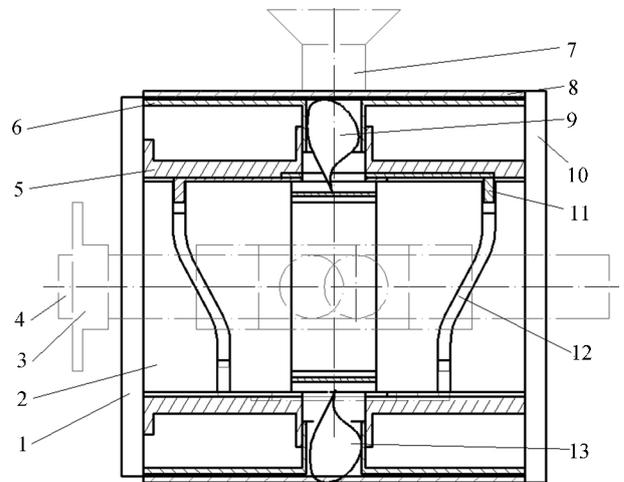


1—主动链轮;2—传动链条;3—鳞芽识别机构;4—落蒜漏斗;5—蒜瓣;6—播种箱;7—从动链轮;8—取蒜勺;9—悬挂

图4 拾取机构结构简图

Fig. 4 The structure diagram of picking up mechanism

凸起的顶蒜内滑道等。驱动链轮的动力来自行走地轮,驱动链轮带动传动轴和主动端盖转动,安装在主动端盖上的6个滑块支撑板做同步运动,每转动一圈完成6个蒜瓣的鳞芽识别。固定端盖安装在机架上,其上的零部件(外筒、圆柱凸轮)固定不动。



1—主动端盖;2—圆柱凸轮;3—驱动链轮;4—传动轴;5—滑块支撑板;6—压蒜筒;7—落蒜漏斗;8—外筒;9—蒜瓣及识别机构入口;10—固定端盖;11—滑块;12—圆柱凸轮滑道;13—识别出口

图5 鳞芽识别机构结构简图

Fig. 5 The structure diagram of bud recognition mechanism

鳞芽识别机构的工作原理为:蒜瓣由落蒜漏斗进入鳞芽识别机构被压蒜筒顶住,在主动端盖的带动下滑块支撑板带着蒜瓣一起旋转,等压蒜筒旋转与落蒜漏斗的落蒜孔对齐,蒜瓣就会落入滑块支撑板上方的储蒜筒(见图5中蒜瓣的位置)内,安装在外筒内表面的压蒜凸板把蒜瓣压入到两片滑块中间的圆孔之中。滑块支撑板持续转动,蒜尖识别滑块在圆柱凸轮滑道的作用下既转动又向两侧移动分开,两者中间的蒜尖识别圆孔口开始收缩变小,其下面的顶蒜滑板把识别口中的蒜瓣向上顶出,保证蒜瓣鳞芽顶端的鳞芽保留并被合并的识别滑块夹住。

等滑块支撑板的储蒜筒筒口转动到第一个落蒜波纹管位置时,被滑块夹持住鳞芽的蒜瓣不会落入第一个出蒜口 B(见图 6),而是转到下一个落蒜出口 A(见图 6)直接通过落蒜波纹管达到插播机构;没有被夹持住的蒜瓣从第一个出蒜口 B 掉落到波纹管,随后落入到下方的蒜尖调头机构,蒜瓣旋转 180° 之后鳞芽朝上落入其下方的落蒜波纹管中到达插播机构。至此,一个蒜瓣完成鳞芽识别和调头,滑块支撑板继续转动,其压蒜筒在复位弹簧的作用下复位,识别滑块在圆柱凸轮滑道的作用下向外移动分开,为下一个蒜瓣的识别做准备。根据圆柱凸轮滑道的运动轨迹,出蒜口 A 和出蒜口 B 之间的夹角为 65° ,第一出蒜口 B 的定位尺寸为 151° 。

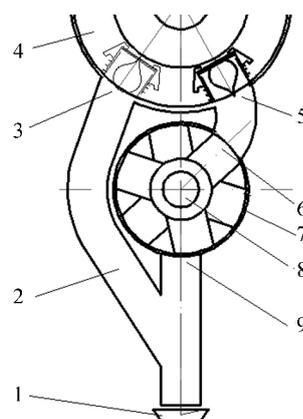
主动端盖安装了 6 套上述的鳞芽识别结构,共用中间的圆柱凸轮滑道,下一个滑块支撑板重复上一个滑块支撑板的运动。每套结构的蒜尖识别滑块运动轨迹是一样的,滑块一边随滑块支撑板进行转动,一边在圆柱凸轮滑道的作用下作直线往复移动,完成识别圆孔口的打开-关闭-打开,实现对蒜瓣鳞尖的夹持和松开,以此进行蒜瓣鳞芽的识别和鳞芽的调向工作,保证蒜瓣鳞芽朝上落入下面的直立插播机构。根据开封地区白皮大蒜外形尺寸的测量,考虑到蒜瓣下落时的调头及卡堵情况,落蒜波纹管采用大弹性的金属管,内径尺寸定位为 28 mm。模拟试验的结果显示,200 个蒜瓣在下落的过程中未出现调头,也未出现阻塞的现象,可以保证播种质量。

2.3 调头机构的设计

蒜瓣调头机构如图 6 所示。由图 6 可知,蒜瓣的调头机构^[11]在鳞芽识别机构的下方,调头机构由外筒机架、传动轴和焊接在内部传动轴上的 6 个储蒜筒组成。调头机构的入蒜口与鳞芽识别机构的出蒜口 A 相连通,没有被识别滑块夹持鳞尖的蒜瓣会在出蒜口 A 鳞芽朝下地落入到调头机构的储蒜筒中,在传动轴的带动下转动。当储蒜筒转动到调头机构的出蒜口时,蒜瓣就会被旋转调头使得根部朝下落入到落蒜波纹管中,之后落入下方的插播机构的接蒜漏斗中。

2.4 直立插播机构的设计

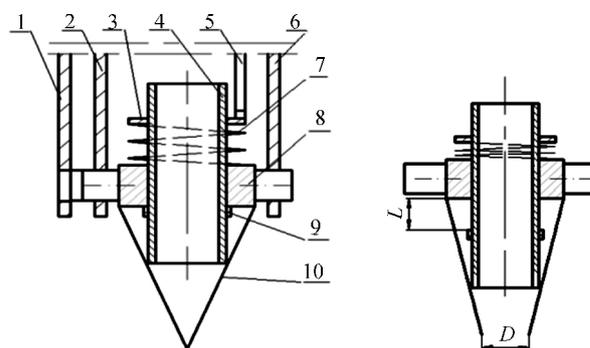
直立插播机构如图 7 所示。直立插播机构^[12]主要包括传动轴、转盘、偏心转盘、连接曲柄、插尖、支撑支架、储蒜筒、复位弹簧等。直立插播机构用转盘 E 和偏心轮盘之间的运动干涉,确保了支撑支架始终保持垂直状态转动,既保证储蒜筒的蒜瓣不会掉出,也保证了插尖插入土地时的垂直状态,完成蒜



1—插播机构的接蒜漏斗;2—落蒜波纹管;3—鳞芽识别机构出蒜口 B;4—鳞芽识别机构;5—鳞芽识别机构出蒜口 A;6—调头机构入蒜口;7—外筒机架;8—传动轴;9—调头机构出蒜口

图 6 蒜瓣调头机构结构简图

Fig. 6 The structure diagram of garlic clove turning mechanism



1—偏心转盘;2—转盘 E;3—弹簧卡环;4—储蒜筒;5—下压滑块;6—转盘 F;7—复位弹簧;8—支撑支架;9—下限位块;10—插尖

图 7 直立插播机构结构简图

Fig. 7 The structure diagram of vertical insertion mechanism

瓣的直立入土工作。直立插播机构的工作过程为:行走地轮通过链传动驱动直立插播机构的传动轴和固定在其上的转盘 E、转盘 F 转动,转盘 E 又带动偏心转盘转动,安装在两个转盘 E、F 之间的支撑支架始终在保持直立状态转动。当支撑支架向上转动到落蒜波纹管正下方时接住下落的蒜瓣,蒜瓣随着储蒜圆筒向下转动,当插尖接近地面时,储蒜圆筒被下压滑块压住,储蒜圆筒向下运动逐渐顶开下方的插尖,当插尖运动到最低点时被圆筒完全撑开,此时蒜瓣也瞬时落入土壤中。随着机构继续转动,插尖从土壤中拔出,蒜瓣被周围回流的土层掩盖,储蒜筒在复位弹簧的作用下复位,插尖闭合。安装在播种机后面的覆土轮抚平土层,对蒜种进一步覆土压实。

实地测量和调查研究结果显示,大蒜的种植深度为 40~50 mm,考虑插尖播种没有人工播种覆土均匀,因此设计插尖的入土深度为 55 mm,下压滑块

的下移距离 L 为 28 mm, 插尖顶端的开口直径 D 为 25 mm。 D 的尺寸过大会造成蒜瓣倾斜, L 数值增加会影响播种速度。

2.5 行走地轮直径设计

拾取式播种机依靠行走地轮驱动整个播种机所有转动机构, 特别是插播机构, 插尖的运动直接影响蒜种在种穴中的直立状态。

直立插播机构的运动如图 8 所示, 一个转盘安装为 6 个插尖, 根据大蒜的播种株距为 150 mm 的农艺要求, 可以计算出转盘的安装半径 R_1 为 150 mm, 偏心轮安装半径 $R_2 = R_1 = 150$ mm, 偏心半径 $S = 35$ mm。插尖的运动有两部分组成: 一是匀速转动, 速度为 v_1 ; 二是向前的直线运动, 速度为 v_2 。插尖的空间运动轨迹为摆线。

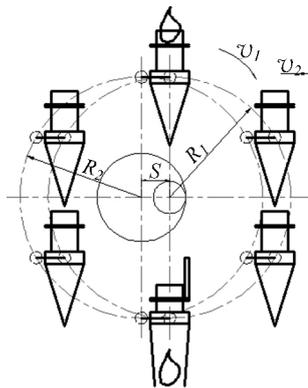


图 8 直立插播机构运动简图

Fig. 8 The motion diagram of vertical insertion mechanism

由设计可知, 插尖机构转动由行走地轮带动, 两者有共同的转动角速度, 因此满足式(1)。

$$\begin{aligned} v_1 &= 2\pi R_1 \omega \\ v_2 &= 2\pi R_3 \omega \end{aligned} \quad (1)$$

式中: R_3 为行走地轮直径; ω 为行走地轮的转动角速度。

插尖作摆线运动, 其特征参数 λ 为 v_1/v_2 。根据摆线的运动特点, λ 的数值不同则插尖运动轨迹的形状也不相同^[13], 其轨迹如图 9 所示。即当 $\lambda < 1$ 时, 插尖运动轨迹为短摆线, 无法满足蒜种直立入土的要求; 当 $\lambda = 1$ 时, 插尖运动轨迹为摆线, 虽然蒜种在最低点时是直立状态, 但是考虑到土层的干涉及落蒜需要时间也不符合设计要求; 当 $\lambda > 1$ 时, 插尖运动轨迹为余摆线, 摆线的轨迹在最低点位置会形成一个环扣, 这样就为蒜种的下落提供了时间和扶持。根据试验得出 $\lambda = 1.2$ 时, 蒜种的直立状态最好, 代入式(1)得, $R_3 = 125$ mm。

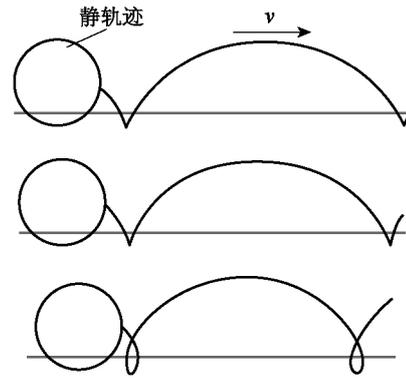


图 9 不同 λ 下的运动轨迹

Fig. 9 The trajectory with different values of λ

3 结 语

本文所阐述的大蒜播种机总结了前人的研究成果, 鉴于大蒜种植的特殊性和蒜种的外形特点, 自主研发了一种新型的鳞芽自动识别的大蒜播种机, 利用蒜瓣有鳞尖的外形特征结合圆柱凸轮滑块机构实现了蒜瓣鳞芽朝上的识别, 从而确保蒜种入土的直立状态。该装置结构简单, 易于加工和推广应用, 可以极大地减轻蒜农的劳动强度, 提高大蒜播种的生产效率, 可以使大蒜的播种和小麦播种一样方便快捷、省时省力。

参 考 文 献

- [1] 金诚谦, 袁文胜, 吴崇友, 等. 大蒜播种时鳞芽朝向对大蒜生长发育影响的试验研究[J]. 农业工程学报, 2008, 24(4): 155-158.
- [2] 蒋森伟. 大蒜播种装置: CN 201520742626. X[P]. 2016-01-20.
- [3] 李瑞川, 孙雪, 宋传涛, 等. WZ-4 型大蒜种植机械的概述及研究[J]. 农业装备与车辆工程, 2013, 51(5): 15-17.
- [4] 唐通鸣, 邹帅, 刘勇兰, 等. 振动筛排种器在大蒜播种机中的应用[J]. 农机化研究, 2015(12): 92-97.
- [5] 谢学虎, 张永, 刘召, 等. 大蒜播种机种植机构的设计[J]. 农业机械学报, 2015, 31(1): 34-39.
- [6] 韩秋燕, 王小瑜, 郝杰, 等. 插穴式自动定向大蒜播种机的设计研究[J]. 农机化研究, 2016, 33(7): 172-175.
- [7] 南通大学. 一种平衡法大蒜鳞芽方向筛选装置: CN 201510670076. X[P]. 2016-03-09.
- [8] 赵丽清, 马志勇. 大蒜播种机装盘系统蒜瓣定向识别算法的研究[J]. 农机化研究, 2013, 46(6): 162-166.
- [8] 山东省农业机械科学研究所. 大蒜直立栽种播种机: CN 201520630285. 7[P]. 2016-01-13.
- [10] 开封大学. 一种蒜瓣瓣尖机械识别装置: CN 201620710257. 0 [P]. 2017-01-11.
- [11] 开封大学. 一种大蒜瓣尖全自动调正装置: CN 201610158412. 7 [P]. 2016-07-20.

- [12] 开封大学. 全自动电控辨识大蒜直立播种机: CN 201610158414.6[P]. 2016-07-20.
- [13] 石峰,孙松林,邓向春,等. 偏心圆盘指夹式幼苗移栽机栽植机构运动轨迹分析[J]. 湖南农业大学学报(自然科学版),2012, 38(3):333-336.

(责任编辑:杜桂)

(上接第 622 页)

参 考 文 献

- [1] 孙亮. 门式与桥式起重机电气保护系统的检验技术[J]. 电子制作,2015(11):232.
- [2] 刘剑锋,李记叶. 带自诊断功能的门式起重机纠偏装置[J]. 中国特种设备安全,2017,33(1):32-34.
- [3] 乔俊杰. RTG 集装箱堆场智能化远程控制技术综述及探讨[J]. 装备制造技术,2016(12):123-126.
- [4] 谢剑刚. 起重机大车运行自动纠偏系统[J]. 起重运输机械,2003(5):33-34.
- [5] 陈迪茂. GPS 在场地集装箱轮胎吊上的应用[J]. 水运工程,2005(5):67-69.
- [6] HAN H, WANG Y, HUANG Z, et al. Segmentation for path analysis based on OTSU and immune genetic algorithm[C]// Mechatronics and Control (ICMC), 2014 International Conference on. IEEE,2014: 662-666.
- [7] LEVI D, GARNETT N, FETAYA E, et al. StixelNet: A deep convolutional network for obstacle detection and road segmentation[C]//British Machine Conference. 2015: 109, 1-109, 12.
- [8] International Color Consortium. Specification ICC. 1: 2004-10 [R]. Image Technology ColourManagement-Architecture, Profile Format, and Data Structure, 2004.
- [9] HE K, SUN J, TANG X. Guided image filtering [C]// European Conference on Computer Vision. 2010: 1-14.
- [10] KANOPOULOS N, VASANTHAVADA N, BAKER R L. Design of an image edge detection filter using the Sobel operator [J]. IEEE Journal of Solid-State Circuits, 1988, 23(2): 358-367.

(责任编辑:徐惠华)