

作物根茎

王俊发◇著

收获技术

作物根基

王俊发◇著

收获技术

图书在版编目(CIP)数据

作物根茎收获技术 / 王俊发著. -- 哈尔滨: 黑龙江大学出版社, 2013. 10

ISBN 978 - 7 - 81129 - 634 - 1

I. ①作… II. ①王… III. ①作物 - 根茎 - 收获
IV. ①S509

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 174162 号

作物根茎收获技术

ZUOWU GENJING SHOUHUO JISHU

王俊发 著

责任编辑	张永生 于 丹
出版发行	黑龙江大学出版社
地 址	哈尔滨市南岗区学府路 74 号
印 刷	哈尔滨市石桥印务有限公司
开 本	720 × 1000 1/16
印 张	17.5
字 数	235 千
版 次	2013 年 10 月第 1 版
印 次	2013 年 10 月第 1 次印刷
书 号	ISBN 978 - 7 - 81129 - 634 - 1
定 价	40.00 元

本书如有印装错误请与本社联系更换。

版权所有 侵权必究

前 言

中国是一个农业大国,农作物根茬资源丰富,年产量约为1亿吨,但目前大量的根茬被焚烧或废弃,不但造成了严重的环境污染,破坏了生态环境,而且浪费了宝贵的可再生资源。同时,中国是一个中药材生产和出口大国,中药材年产值约为800亿元,但黄芪、防风等根茎类中药材的收获问题仍然是影响其经济效益的瓶颈。

本书围绕作物根茎机械化收获的基本理论、关键技术、关键部件的研制与开发,将作者在完成“十二五”农村领域国家科技计划课题“大马力拖拉机配套农田作业装备研制(编号2011BAD20B03)”过程中发表的一系列论文、专利加以总结归纳。书中分析了玉米、黄芪和防风等作物根茎的生物学特性,研究了玉米根茬的收获理论与技术、玉米根茬收获机关键部件、根茎类中药材收获技术,并对相关技术进行了试验研究及参数分析,提出了作物根茎收获工艺,开发了玉米根茬收获机械和根茎类中药材收获机械。

本书介绍的偏置柄式挖掘铲,采用斜切挖掘技术,实现了根茬减阻挖掘;研制的伸缩齿捡拾机构,首次采用回转机构实现地下捡拾,在被捡拾根茬非耦连(区别于稻、麦)条件下,实现根茬捡拾率99%以上;研制的根茎类中药材同步夹持收获机构,可有效提高中药材的收获效率。本书对玉米、黄芪和防风等作物的根茎机械化收获极有参考价值。

本书在撰写过程中得到了华南农业大学马旭教授和黑龙江省农业机械工程科学研究院姜明海高级工程师的大力支持和帮助,在此谨向他们表示由衷的感谢!向曾提供帮助而未提及的所有老师、同学和朋友们致以诚挚的谢意!

黑龙江省普通高等学校
优秀学术著作出版资助项目

目 录

绪论	1
参考文献	9
第 1 章 几种主要作物根茎的生物学特性	10
1.1 玉米根茬的生长特性及空间分布规律	10
1.2 根茎类中药材的生长特性及空间分布规律	13
1.3 玉米根茬的结构及力学特性	17
参考文献	21
第 2 章 玉米根茬的收获理论与技术	22
2.1 玉米根茬收获技术的现状	22
2.2 玉米根茬收获技术的难点分析	27
2.3 作物根茬减阻挖掘理论	28
参考文献	52
第 3 章 玉米根茬收获机关键部件的设计与分析	53
3.1 整机工作原理及结构优化	53
3.2 首轮样机挖掘弹齿的设计与分析	60
3.3 优化样机偏置柄式挖掘铲的设计与分析	68
3.4 优化样机伸缩齿捡拾机构的设计与分析	74
参考文献	80

第4章 玉米根茬收获机挖掘部件的试验与参数优化	81
4.1 挖掘弹齿的有限元分析	81
4.2 偏置柄式挖掘铲结构强度的有限元分析	90
4.3 偏置柄式挖掘铲土槽试验及田间测试	99
参考文献	118
第5章 玉米根茬收获机样机设计	119
5.1 虚拟样机设计	119
5.2 虚拟样机虚拟现实工艺过程的实现	137
5.3 物理样机的田间试验对比分析	141
5.4 优化样机的设计特点及参数指标	149
5.5 优化样机的性能测试	151
5.6 优化样机的推广应用	153
5.7 作物根茬资源化利用发展战略	154
参考文献	156
第6章 根茎类中药材收获机的研究与开发	159
6.1 根茎类中药材收获技术的研究现状	159
6.2 整机结构及工作原理	161
6.3 关键部件的设计及有限元分析	164
6.4 虚拟样机设计	192
6.5 根茎类中药材收获机物理样机的试验研究	197
6.6 物理样机关键部件自动控制系统的分析及设计	211
参考文献	268
附录	273
附录1 玉米根茬收获机附图	273
附录2 根茎类中药材收获机附图	274

绪 论

我国幅员辽阔,作物根茬资源丰富,年产作物根茬量约为 1 亿吨,而我国市场上较为常见的中药材中,根茎类中药材有几百种。这些总量巨大的作物根茬和根茎类中药材资源的机械化收获成为亟待解决的问题。

玉米根茬与其他作物根茬相比,具有根系丰富、比例大(根茬质量占全部干物质的 15.6%)和热值高(根茬比秸秆高 5% 至 10%)的特点,是一种值得开发的清洁的生物燃料。玉米生长适应性强,增产潜力巨大,是广大农民的主栽作物。旱田玉米种植面积比例最高的年份中玉米种植面积占作物种植面积的 80%。目前,我国每年玉米播种面积为 3 000 多万公顷,玉米根茬的产量约为 0.6 亿吨。但目前玉米根茬的机械化收获尚属空白。

玉米根系粗壮结实,主要生长在 0~40 cm 深的土层内,茎粗达 2~4 cm,须根网状交织,与土壤交结成团块,且木质比高,难以拉断,起茬困难,回收利用效率不高。到 2003 年,我国玉米播种机械化水平达到 46.9%,但玉米收获机械化水平只有 1.9%,而且只限于秸秆回收。与小麦、水稻收获机械化发展相比,玉米收获机械化程度还很低。高效回收与合理利用玉米根茬的需求,使得深入研究玉米根茬收获技术,开发研制新型节能、高效收获机具成为当前迫在眉睫的任务。

农作物的根茬是整个生物质的的重要组成部分,也是重要的生物质资源之一。据联合国环境规划署报道,全球种植的农作物每年可产生各类秸秆及根茬几十亿吨。我国是一个农业大国,也是秸秆及根茬资源最丰富的国家之一,主要秸秆资源有近 20 种,而且数量巨大。据分

析,农作物根茬和秸秆中含有大量有机质、氮、磷、钾和微量元素,每 100 kg 鲜秸秆中含氮 0.48 kg、磷 0.38 kg、钾 1.67 kg,相当于 2.40 kg 氮肥、3.80 kg 磷肥和 3.40 kg 钾肥;而每 100 kg 玉米根茬干物质中,有机质含量高达 75~85 kg,含氮 0.75 kg、磷 0.60 kg、钾 0.90 kg,相当于 3.75 kg 氮肥、6.00 kg 磷肥和 1.83 kg 钾肥。

近年来,随着粮食产量的提高,秸秆及根茬产量迅速增加,大量剩余秸秆和根茬的处理成为农业生产中突出的问题。以山东省为例,2003 年全省作物秸秆约 60% 被焚烧或随意丢弃,不仅浪费了宝贵的资源,而且带来了各种危害。据测试,秸秆就地焚烧使地面温度达到 400 ℃ 左右;土壤水分损失 85%;氮、磷各损失 73% 和 12%,碳的损失更严重;土壤中的真菌、细菌损失 50% 以上,这些微生物对土壤中有机质的分解和氧化、固氮、合成腐殖质等方面有着重要的作用。就地焚烧秸秆不仅破坏了土壤的理化性质,造成一系列损失,而且污染空气,破坏生态环境,妨碍农业的可持续发展,极易造成火灾和交通事故,已成为政府关心、社会关注、舆论关切的热点和难点。

根茬资源的利用是一个世界性问题,也是构建资源节约型、环境友好型社会的重要命题,世界上很多国家都在开展此方面的研究。从工业开发角度看,作物根茬可以提取木质素,制成具有高热值的燃料。从农牧业角度看,降解分离有用物质可提高根茬作为饲料的功能。从技术角度看,根茬综合利用包括根茬直接还田的农作物生长技术、保护性耕作技术等内容。

近年来,我国可再生能源利用也迅速发展,纸业加工、青储发酵、燃料酒精、工业碳化等,尤其是直燃发电、供热,已成为我国大规模推广的可再生能源项目。国家电网公司等五大发电集团建立了生物质综合利用工程,截至 2011 年底,国内各级政府核准的生物质能发电项目累计超过了 170 个。一座装机容量为 2.5 万千瓦的生物发电厂年消耗各类秸秆约 20 万吨,需要配套秸秆收获设备 30~50 套。依据发展规划,“十二五”期间全国将建成生物发电厂约 300 座,创造装备产值 300 亿元,因此秸秆和根茬回收机具的开发与研究有着迫切的市场

需求和广阔的前景。

与此同时,我国又是世界上中药材生产和出口大国,中药材种类齐全,世界各国纷纷到我国进口中药材,正因为如此,中药材的价格逐年上升(如表0-1所示),年销售总额逐年攀升(如图0-1所示)。中药材的年销售总额及价格的变化引起了中药材种植面积的不断扩大,如图0-2所示。据2008年统计,在我国甘肃、新疆等地根茎类中药材种植面积已近600万亩^①。目前收获方法主要是人工挖收或用简易挖掘机械挖掘后人工捡拾,劳动强度高,效率低,收获损失率高,中药材的品质低,严重影响药农的经济效益,极大地限制了中药材种植业的发展。

表0-1 主要出口中药材价格(美元/公斤)

年份	党参	当归	甘草	枸杞	茯苓
2000	1.03	0.75	0.36	1.23	0.23
2001	1.38	0.98	0.45	1.45	0.65
2002	1.96	1.02	0.65	1.98	0.68
2003	2.21	2.30	0.78	2.21	1.02
2004	2.65	2.69	1.03	2.56	1.65
2005	3.65	3.65	1.65	2.93	2.03
2006	4.52	4.32	1.64	3.01	2.36
2007	5.36	4.84	1.89	3.21	2.86
2008	5.48	5.68	2.01	3.42	3.21

① 1 亩 = 666.7 m²

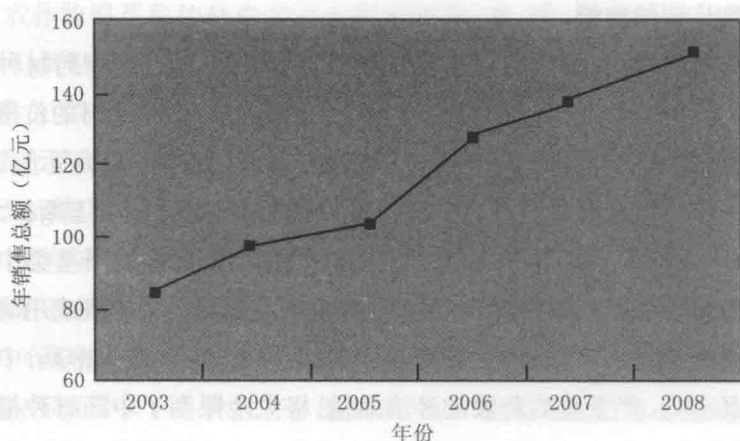


图 0-1 中药材年销售总额

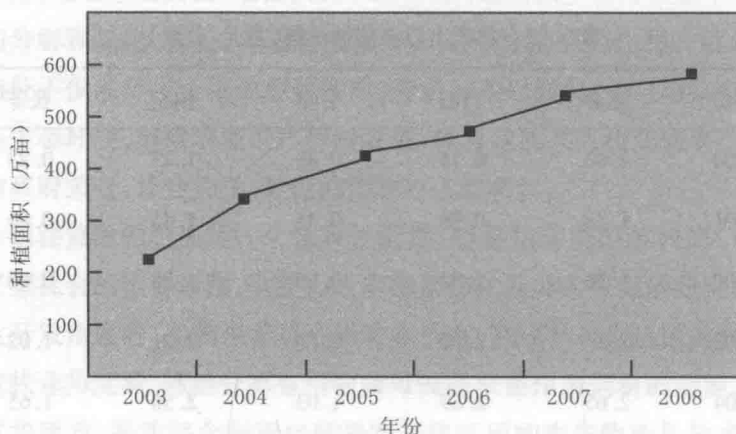


图 0-2 中药材种植面积

目前,我国中药材种类已达 12 000 多种,除其中不足 1% 的矿物中药材外,均为生物可再生资源,尤以根茎类中药材为最,占全部种数的 87%,涉及 385 科 2 312 属 11 118 种。已经人工种植成功的中药材有 500 多种。全国中药材种植面积不断增长,为我国中医药业提供了充足的原料。我国中药材年产值约为 800 亿元,在增加农民收入方面发挥了积极作用。特别是随着农业结构调整的不断深化,中药材种植面积逐年增加,中药材生产及其加工必将迎来更好的发展机遇。各地在生产中将中药材种植与当地的地理环境、民族传统、种植习惯相结

合,形成了具有鲜明特色的北药、南药、怀药、浙药、川药、云药等中药材基地,生产的规模化、规范化和产业化水平得到提高,呈现出健康、快速的发展势头。截至2004年上半年,全国已建立中药材生产基地600多个,建立了149个中药材GAP基地,极大地推动了中药材产业的发展。

20世纪90年代以来,欧美国家形成了一种回归大自然的潮流,天然植物药受到关注。在世界药品市场中,天然植物药的市场年交易额近300亿美元,而且正在以每年20%的速度增长。在制药工业发达的意大利,以天然植物为原料的药物制剂品种达2000余种。法国、德国、瑞士的天然植物药比例达到24%~38%。

根茎类中药材在中药材中占有重要地位,是中成药和中医临床用药的重要原料,在我国市场上常用的根茎类中药材约有250种,其具有取材天然、作用平稳、毒副作用小等西药无法比拟的独特优点。20世纪80年代进行的全国中药资源普查重点调查的362种中药材中,植物中药材有320种,占88.4%,其中根茎类中药材有120种,占植物中药材的37.5%。因此,根茎类中药材近年来受到世界各国的普遍重视。我国是中药材出口大国,每年出口约100万吨,特别是黄芪、防风等根茎类中药材,每年大量出口。随着国家禁止乱采乱挖天然中药材法规的出台以及加大环境保护力度,各种中药材将主要依靠人工种植。目前我国东北、西北、华北、西南地区已建立多种根茎类中药材的种植基地(如图0-3至图0-6所示),种植面积已达250万亩以上。中药材的收获具有严格的时节性,如不能适时收获,中药材的品质将大大降低。出口量大的甘草、黄芪和防风等主要根茎类中药材,一直以来都是人工挖掘、捡拾收获,费时费力。如用人工收获1公顷根茎类中药材最少要用强壮劳动力225人(按一天计算),按劳务市场价每人每天35元的费用计算,挖掘成本需7875元/公顷。而中药材机械挖掘成本包括人工费、机械折旧费、机械维修费、作业油耗费和其他费用等,合计在1800元/公顷左右。以机械挖掘替代人工挖掘,可以大大降低劳动强度、提高工效和降低生产成本。另外根茎类中药材

采用人工挖掘收获时,损伤率和损失率可达28%,而采用机械收获,损伤率和损失率不超过7%,从而大大提高了中药材的品质。以机械挖掘代替人工挖掘可以节省劳动力,节省出的劳动力可以从事其他工作,从而提高药农的经济收入,解决中药材发展的瓶颈问题,推动中药材产业的发展。为此,中药材特别是根茎类中药材收获机械急需研究开发。



图0-3 防风种植基地



图 0-4 黄芪种植基地



图 0-5 党参种植基地



图 0-6 穿山龙种植基地

本书主要针对玉米根茬和根茎类中药材收获技术进行研究,重点论述了玉米根茬与根茎类中药材减阻挖掘技术、根土分离技术、减阻挖掘耐磨部件和根土分离装置的研制过程、玉米和根茎类中药材等深埋作物根茎收获机的开发过程以及研发的玉米根茬收获机的推广应用情况。作物根茎收获机的成功研发和推广应用对于减轻农民劳动强度、增加农民收入、促进农业可持续发展、搞好可再生资源综合利用具有十分重要的现实意义,解决了长期以来深埋粗大作物根茎造成的资源浪费问题和根茬任意焚烧造成的土壤板结、环境污染问题,同时,也为提高我国生物资源利用的农业装备制造业的创新能力和核心竞争力、缩小与发达国家差距、推动我国经济作物农业装备发展、提高农业综合生产能力、促进农业结构调整、建设农业现代化和社会主义新农村提供了技术支撑。

参考文献

- [1]王洋,齐晓宁,刘兆永,等.黑土区长期连作玉米农田土壤肥力变化及其评价——以德惠市为例[J].土壤,2008,40(3):495-499.
- [2]陈洪章.纤维素生物技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [3]日本能源学会.生物质和生物质能源手册[M].史仲平,华兆哲,译.北京:化学工业出版社,2007.
- [4]胡敏,陈先海,沈继维,等.农业秸秆制备轻质墙体传热系数的确定[J].安徽化工,2007,33(6):36-37.
- [5]王荣乐,王洪铭.秸秆资源的综合利用[J].福建热作科技,2005,30(1):41-42.
- [6]Zhang R H, Li X J, Fadel J G. Oyster mushroom cultivation with rice and wheat straw[J]. Bioresource Technology, 2002, 82(3): 277-284.
- [7]曹建峰.秸秆的综合利用技术分析[J].能源研究与信息,2006,22(1):22-25.
- [8]王志凤,王倩.山东省农作物秸秆资源及其开发利用[J].山东农业科学,2006(6):82-84.
- [9]山东省统计局.山东统计年鉴 2005[M].北京:中国统计出版社,2005.
- [10]戎志梅.从战略高度认识开发生物质能产业的重要意义[J].精细化工原料及中间体,2006(7):7-10.
- [11]陈德铭.加快生物质能的开发利用[J].中国投资,2006(10):19-21.
- [12]杨俊杰,尹健,杨海霞.河南中药材种植资源调查[J].现代中药研究与实践,2007,21(5):13-14.
- [13]杨勇,杨世民.中国、欧盟、日本的药用植物种植规范比较[J].中国药业,2005,14(4):14-16.
- [14]周振华.机械化收获长根茎类中药材的经济效益及推广前景分析[J].中国农机化,2006(3):17-18.
- [15]孟海兵,许飞鸣.秸秆还田及综合利用技术[M].北京:中国农业科学技术出版社,2008.

第1章 几种主要作物 根茎的生物学特性

作物根茎收获的作业加工对象是与土壤紧密结合的土壤-作物根茎复合体,所以作物根茎本身的物理特性以及土壤-作物根茎复合体的力学特性是影响根茎收获机工作性能的重要因素之一,也是根茎收获机主要土壤工作部件的设计基础。目前关于作物根茎的物理特性以及土壤-作物根茎复合体的力学特性的研究还不多,所以这部分内容的分析及研究,将为根茎收获装备的研究提供重要的理论依据。

1.1 玉米根茬的生长特性及空间分布规律

根是植物吸收水分和营养物质的重要器官,其获取水、肥的空间范围和与其他植物根系的资源竞争能力取决于根系的空間分布特征、长度和表面积等。

玉米根系表面作为土壤与玉米植株的接触面,是土壤与玉米植株进行物质和能量交换的场所,又是地上部生长及产量形成的基础。玉米收获后,留在地里的玉米根茬主要由地上部分的秸秆和地下部分的根系两部分组成。玉米根系绝大部分生长在地表下面的几个节间基部上,呈辐射状向外生长,在根茬的上部围绕中央茎部形成栅栏状的锥形框架,根系以主根为主线,侧根为支线向土壤中延伸,通过散布、交叉、缠绕等形式固结了部分土壤,形成了一种天然的根系和土壤紧密结合的复合结构,玉米根茬结构形态见图1-1。玉米根系是纤维状的须根系,由胚根和节根组成,节根又分为次生根和气生根。一般把胚根称为初生根。在初生根、次生根和气生根上都可以产生分枝和根