

玉米植株抗弯特性对分禾器结构的影响分析*

吴鸿欣 陈 志 韩增德 郝付平 曹洪国 王高斌

(中国农业机械化科学研究院, 北京 100083)

【摘要】 玉米收获机分禾器结构直接影响玉米植株的分禾和输送效果,是决定机具能否正常作业的重要因素。通过田间试验,对玉米植株抗弯特性进行了测定,测量出玉米植株的横向最大偏移量,并计算出玉米植株偏折角。得出了分禾器宽度与玉米植株抗弯特性之间的关系方程,找到了影响分禾输送效果的一个重要因素——植株自身的抗弯特性,为分禾器的设计提供了新的依据。在理论上解释了作业时分禾器离地越高越不易碰伤植株的现象,且对比了不同地区品种玉米植株抗弯强度的差异性,结论是最佳收获期内山东省、北京市地区品种的玉米植株抗弯能力比吉林省地区品种强。

关键词: 玉米联合收获机 分禾器 玉米植株 抗弯特性

中图分类号: S225.5⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2011)S0-0006-04

Effect Analysis of Bending Properties of Corn Plants on Divider Structure

Wu Hongxin Chen Zhi Han Zengde Hao Fuping Cao Hongguo Wang Gaobin

(Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

Corn harvester divider has a direct impact on maize seedling conveying, it is an important factor to influence the harvester operation. Corn straw physical property and max transverse offset distance were measured by experiment in corn filed and max offset angle was accounted. The relation equation between divider width and corn plant bending property was acquired by data process. An important factor on effecting dividing and conveying plants was found, that was the bending property of corn plants. A basis was provided for the divider design. It is interpreted in theory that the higher divider positioned the slighter the plants damaged. The difference between bending strength of different regional corn plants was compared and analyzed. In the optimum harvest period, corn plants resistance to bending in Shandong Province and Beijing regional was stronger than it in Jilin Province.

Key words Corn harvester, Divider, Corn plants, Bending property

引言

我国玉米种植带分布广泛,因各地农业自然生长条件和种植模式、种植品种等不同,玉米植株物理特性与种植行距(35~70cm)地域差异性很大,摘穗型玉米收获机难以像谷物联合收获机那样实现大面积跨区作业,阻碍了玉米收获机械化的发展。玉米联合收获机作业时,玉米植株首先被分禾器拢到拨

禾工作区,进而输送到摘穗机构。在不对行收获时,分禾器易推倒或撞断植株造成损失,是不利于推广的原因之一。科研人员对此开展了大量研究,在机具新结构新原理上有所突破,提出的加装强制喂入链、窄行距结构与拨禾星轮强制喂入机构等技术已初见成效^[1]。

通过田间试验发现改进后的收获机作业效果仍不理想,不能满足跨区作业需求。本文通过田间试

收稿日期: 2011-09-01 修回日期: 2011-09-15

* 国家高技术研究发展计划(863计划)资助项目(2009AA043602)

作者简介: 吴鸿欣,博士生,主要从事农作物收获机械研究,E-mail: caamskad@163.com

验对玉米植株抗弯特性进行测定^[2-3],从作业对象角度探讨其对收获机实现低损伤喂入的具体影响,利用分禾器结构参数与植株抗弯特性参数的关系,为开发分禾器部件提供设计依据。

玉米植株是一种非均匀、多相、各向异性的植物纤维材料,完全利用理论分析计算进行研究比较困难,本研究基于理想弹性体,对植株的抗弯特性采用试验和理论分析相结合的方法进行测定和计算。

1 试验方法

本次试验分别选取山东省、北京市、吉林省 3 个玉米主产区,当地种植面积较广的玉米品种为测试对象,选择玉米植株生长情况和种植方式在当地具有代表性的田块进行测定。为了消除茎秆含水率变化的影响,均在果穗成熟的最佳收获期内测定参数。

测定原理是模拟收获作业时分禾器对植株的作用过程,测定植株在外力作用下不同高度处的横向最大偏移量、偏折角。横向最大偏移量是指植株在横向拉力作用下,不发生折断或倒伏时测量点的最大偏移距离;玉米植株偏折角是指玉米植株从自然直立状态到折断瞬间倾斜状态之间的偏移角度。玉米联合收获机作业时,分禾器在分禾过程中推移玉米植株,当产生的推移角小于玉米植株偏折角时,植株不被折断或推倒,即可满足收获要求。

在田块中随机抽取一行中的一段,数量为 30 棵(剔除生长发育不良的植株),依次进行测量。我国玉米的生长高度大多在 2.2 ~ 2.8 m,结穗部位大多

在 700 ~ 1 200 mm,穗幅差约为 200 mm,机器作业时,分禾器在满足摘穗要求的前提下可以尽量抬高。因此,测量时植株横向最大偏移量的高度 H 分别设定为 500、600、700 mm。

首先测定玉米植株的生长特性参数:直立状态下的根部茎秆直径 D_1 、测量点茎秆直径 D_2 、结穗点茎秆直径 D_3 、结穗高度 H_1 、株高 H_2 ,同一测量点依次测定 10 棵,求其平均值,均以 mm 计量。

然后,测定 3 个测量高度的横向最大偏移量。在玉米植株旁插入钢制标杆,与玉米植株保持平行,作为测量基准。将弹簧拉力计固定在测量点上,1 名测试人员匀速(参考机具正常收获作业时平均速度 1.1 m/s 选取)拉动植株,直至折断为止。同时,另 1 名测试人记录测量点与标杆的横向距离 X 和离地高度 Y 。最后,测定折断点离地高度 Y_1 。同一测量点依次测定 10 棵,求其平均值,均以 mm 计量。

2 试验数据处理与结果分析

测量时剔除生长发育不良的玉米植株,玉米植株偏折角 α 的计算方法为

$$\alpha = \arctan \frac{X}{Y}$$

(1)

式中 α ——偏折角, (°)

2.1 山东地区玉米植株抗弯特性分析

在山东省潍坊市潍北农场选择种植面积较广的金海 5 号品种为试验对象,玉米植株的生长特性参数及 3 个测量点的横向最大偏移量见表 1。

表 1 山东地区试验测量数据
Tab.1 Experiment data in Shandong Province

序号	H/mm	D_1/mm	D_2/mm	D_3/mm	H_1/mm	H_2/mm	X/mm	Y/mm	Y_1/mm	$\alpha/(^\circ)$
1	500	20.7	15.2	12.0	958	2 337	261	329	60	44.16
2	600	22.1	15.2	10.9	1 131	2 478	302	480	151	42.66
3	700	25.5	17.8	13.9	959	2 467	397	470	185	54.35

假定测量点离地高度 $H = 0$ 时, $X = 0, \alpha = 0$, 结合表 1 中的测量数据可得测量点离地高度 H 与玉米植株的横向最大偏移量 X 、偏折角 α 的对应关系,通过最小二乘法对 X 及 α 进行线性回归得^[4]

$$X(H) = 0.536H$$

(2)

$$\alpha(H) = 0.078H$$

(3)

由式(2)、(3)可以看出,山东金海 5 号品种植株横向最大偏移量、偏折角与测量点离地高度之间近似于正比关系。

假设分禾器底部与地面平行,分禾器最高点到底部距离 h 取设计值为 350 mm,玉米联合收获机作业时,分禾器最高点到玉米植株最低玉米结穗部位

距离 h_1 一般为 100 mm 左右,如图 1 所示。

山东地区金海 5 号品种结穗高度 H_1 为 890 ~ 1 500 mm, H_1 取最低值 890 mm 时, $H = H_1 - h_1 - h = 440$ mm,代入式(2), $X = 236$ mm。因此,若不计其他因素影响且分禾器是对称式结构、摘穗部件位于两分禾器中间,分禾器宽度最大取 $2X = 472$ mm 时,基本不会发生推倒或撞断玉米植株现象,能够实现对该品种的低损伤分禾喂入,如图 2 所示。

2.2 北京地区玉米植株抗弯特性分析

在北京市通州区农机研究所试验田选择种植面积较广的农大 80 品种为试验对象,测量数据见表 2。

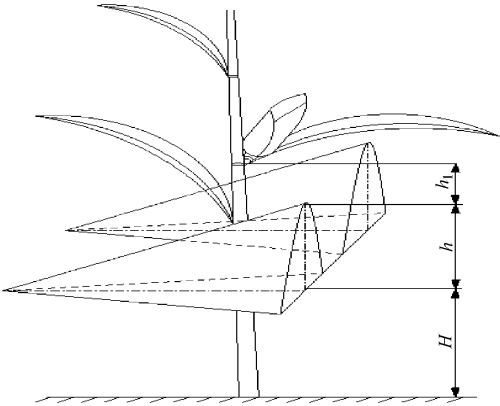


图 1 作业时收获台离地高度示意图

Fig.1 Distance between corn head and ground while working

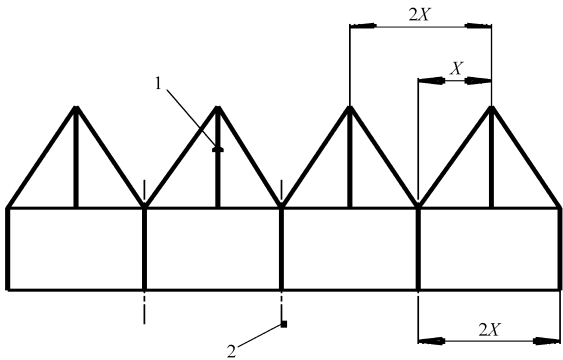


图 2 分禾器宽度与植株最大横向偏移量关系

Fig.2 Relationship between max transverse offset distance of corn straw and divider width
1. 分禾器 2. 摘穗通道中心线

表 2 北京地区试验测量数据
Tab.2 Experiment data in Beijing

序号	H/mm	D_1/mm	D_2/mm	D_3/mm	H_1/mm	H_2/mm	X/mm	Y/mm	Y_1/mm	$\alpha/(\text{^\circ})$
1	500	21.6	19.9	17.3	1204	2527	275	427	76	38.10
2	600	22.7	20.8	18.1	1143	2750	300	477	152	42.70
3	700	22.0	19.6	17.3	1205	2642	443	525	270	60.12

同理对 X 及 α 进行线性回归得

$$X(H) = 0.571H \tag{4}$$

$$\alpha(H) = 0.079H \tag{5}$$

由式(4)、(5)可以看出,北京农大 80 品种植株横向最大偏移量、偏折角与测量点离地高度之间近似于正比关系。实测北京地区农大 80 结穗高度 H_1

为 1 000 ~ 1 500 mm,同上可得,分禾器宽度最大参考值为 $2X = 628 \text{ mm}$ 。

2.3 吉林地区玉米植株抗弯特性分析

在吉林省长春市富峰镇飞行学院种植田选择种植面积较广的辽丹 24 号品种为试验对象,测量数据见表 3。

表 3 吉林地区试验测量数据
Tab.3 Experiment data in Jilin Province

序号	H/mm	D_1/mm	D_2/mm	D_3/mm	H_1/mm	H_2/mm	X/mm	Y/mm	Y_1/mm	$\alpha/(\text{^\circ})$
1	500	23.5	21.1	17.6	1 048	2 282	205	380	60	32.66
2	600	24.7	21.6	18.9	1 188	2 729	247	470	108	34.32
3	700	24.3	21.4	18.8	1 103	2 784	305	524	150	39.22

同理对 X 及 α 进行线性回归得

$$X(H) = 0.422H \tag{6}$$

$$\alpha(H) = 0.059H \tag{7}$$

由式(6)、(7)可以看出,玉米植株横向最大偏移量、偏折角与测量点离地高度之间近似于正比关系。吉林地区辽丹 24 号品种结穗高度 H_1 为 920 ~ 1 500 mm,同上可得,分禾器宽度最大参考值为 $2X = 396 \text{ mm}$ 。

2.4 三地区玉米植株物理特性对比分析

玉米植株 X 、 α 与 H 的测量数据关系如图 3 和图 4 所示,从中可以看出,在同一测量高度,北京农大 80 品种的植株横向最大偏移量、偏折角最大,抗弯能力最强,机具适应性最好,山东金海 5 号品种略

低,吉林辽丹 24 号品种最低,这与试验机具的实测收获效果一致。

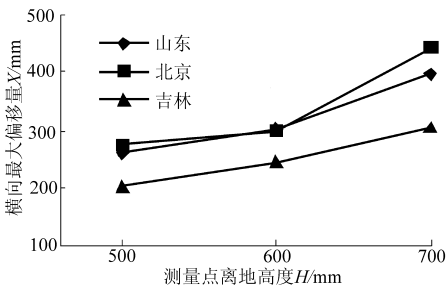


图 3 三地区玉米植株横向最大偏移量对比

Fig.3 Comparing of max transverse offset distance

山东金海 5 号品种植株物理特性与北京农大 80 接近,与吉林辽丹 24 号存在较大差异,收获期玉

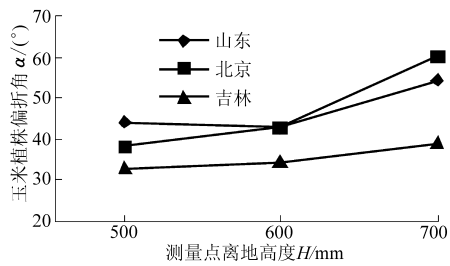


图4 三地区玉米植株偏折角对比

Fig.4 Comparing of max offset angle of corn straw

米植株抗弯能力的差异会使玉米收获适应性显著不同,这是地理位置、气候、品种、含水率、结穗部位等差异的综合体现。

从三地区主要品种 X 值的线性回归方程(2)、(4)、(6)可以归纳出,玉米主产区植株横向最大偏移量与测量点离地高度的关系为

$$X(H) = (0.4 \sim 0.6)H \tag{8}$$

从三地区主要品种 α 值的线性回归方程(3)、

(5)、(7)可以归纳出,玉米主产区植株偏折角与测量点离地高度的关系为

$$\alpha(H) = (0.05 \sim 0.08)H \tag{9}$$

如图2所示,根据分禾器宽度要小于等于玉米植株横向偏移量两倍的原则,式(8)、(9)可作为我国玉米联合收获机分禾器部件设计的参考依据。

3 结论

(1) 通过对山东、北京、吉林三地主要玉米品种的植株抗弯特性的测定及其差异性分析,利用抗弯特性与分禾器宽度的关系,得出了玉米联合收获机分禾器宽度的最大参考值,为以后的研发提供了设计依据。

(2) 玉米植株的偏折角与分禾器推移玉米植株的离地高度有关,离地高度越大,偏折角越大,反之越小。在玉米收获机作业时,在保证收获质量的前提下,应尽可能提升玉米收获台高度。

参 考 文 献

1 陈志,韩增德,颜华,等. 不分行玉米收获机分禾器适应性研究[J]. 农业机械学报,2008,39(1):50~52.
Chen Zhi, Han Zengde, Yan Hua, et al. Orthogonal validation experiment on crop divider of corn-harvester[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008,39(1):50~52. (in Chinese)

2 勾玲,赵明,黄建军,等. 玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究[J]. 作物学报,2008,34(4):653~661.
Gou Ling, Zhao Ming, Huang Jianjun, et al. Bending mechanical properties of stalk and lodging-resistance of maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 2008,34(4):653~661. (in Chinese)

3 高梦祥,郭康权,杨中平,等. 玉米秸秆的力学特性测试研究[J]. 农业机械学报,2003,34(4):48~52.
Gao Mengxiang, Guo Kangquan, Yang Zhongping, et al. Study on mechanical properties of cornstalk[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2003,34(4):48~52. (in Chinese)

4 李庆杨,王能超,易大义. 数值分析[M]. 4版. 北京:清华大学出版社,2001.

~~~~~

(上接第77页)

6 田丽梅,任露泉,刘庆平,等. 仿生非光滑旋成体表面减阻特性数值模拟[J]. 吉林大学学报:工学版,2006,36(6):908~913.  
Tian Limei, Ren Luquan, Liu Qingping, et al. Numerical simulation on drag reduction characteristic around bodies of revolution with bionic non-smooth surface [J]. Journal of Jilin University: Engineering and Technology Edition, 2006, 36(6): 908~913. (in Chinese)

7 林恒善. 油菜的风筛式清选气流场的试验研究和数值模拟[D]. 镇江:江苏大学,2005.  
Lin Hengshan. The experimental study and numerical simulation of air flow field of rape's air-and-screen cleaning [D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2005. (in Chinese)

8 杜文勇,黄海东,樊啟洲. ANSYS在油菜联合收割机清选机构气流场中的应用[J]. 农机化研究,2007(10):174~175,178.  
Du Wenyong, Huang Haidong, Fan Qizhou. Application of ANSYS in the flow field in the cleaning device of a rape's combine harvester[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(10):174~175,178. (in Chinese)

9 马晓霞,李耀明,徐立章. 联合收割机风筛式清选装置中气流场的仿真研究[J]. 农机化研究,2007(1):81~82.  
Ma Xiaoxia, Li Yaoming, Xu Lizhang. Simulation research of airflow field in air and screen cleaning device for combine harvester [J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007(1):81~82. (in Chinese)

10 李耀明,唐忠,李洪昌,等. 筛式清选装置筛面气流场试验[J]. 农业机械学报,2009,40(12):80~83.  
Li Yaoming, Tang Zhong, Li Hongchang, et al. Experiment on the flow field of the air-and-screen cleaning device[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009,40(12):80~83. (in Chinese)

11 韩占忠,王敬,兰小平. FLUENT流体工程仿真计算实例与应用[M]. 北京:北京理工大学出版社,2004.