

漂浮育棉苗拔取力学特性分析与试验

李桂文^{1a}, 全腊珍^{1a,2*}, 邹运梅^{1a,2}, 陈金湘^{1b}, 张超龙^{1a}, 代振维^{1a}

(1.湖南农业大学 a.工学院;b.棉花研究所,湖南长沙 410128;2.湖南省现代农业装备工程技术研究中心,湖南长沙 410128)

摘要:为了减少棉苗机械移栽过程中对棉苗的伤根伤苗,对漂浮育棉苗取苗过程进行力学分析,建立拔苗力学模型。分析和计算发现,拔苗角度与夹持位置是影响拔苗力大小、断根长度及基质脱落量的主要因素。试验结果表明:拔苗角度 $\alpha=0^\circ$ 、夹持位置位移 $s=0$ 为拔苗最佳状态,此时棉苗所受拔苗力、断根长度及基质脱落质量最小,即对棉苗的损伤最小。

关键词:漂浮育棉苗;拔苗角度;夹持位置;力学特性

中图分类号:S223.1⁺⁴

文献标志码:A

文章编号:1007-1032(2013)02-0217-04

Experiment and analysis on mechanic properties in pulling of floating seedlings of cotton

LI Gui-wen^{1a}, QUAN La-zhen^{1a,2*}, ZOU Yun-mei^{1a,2}, CHEN Jin-xiang^{1b}, ZHANG Chao-long^{1a}, DAI Zhen-wei^{1a}

(1.a.Collage of Engineering; b.Institute of Cotton, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; 2 Hunan Provincial Engineering Technology Research Center for Modern Agricultural Equipment, Changsha 410128,China)

Abstract: To reduce the injure of seedlings caused by pulling during transplantation, mechanic properties were analyzed in the process of pulling of floating seedlings of cotton, and a mechanics model for pulling up seedlings was established. Through mechanic analyzing and calculating, it was found out that the angle for pulling and the clamping position on the seedlings were the main factors that affect the pulling force, the length of broken roots and the weight of matrix fallen off. And the test results showed that the best way for pulling seedlings involves angle $\alpha=0^\circ$ and clamping position $s=0$, under which the pulling force, the length of broken roots and the weight of matrix fallen off were all the smallest, which caused minimal damage to cotton seedling.

Key words: cotton seedlings; the angle of pulling up seedings; clamping position; mechanic properties

由于作物移栽种植机械化水平较低,移栽作业使用半自动移栽机,取喂苗需由人工完成,效率低,劳动强度大^[1-2],要实现全自动移栽,自动取喂苗技术是关键,而明确取苗的拔苗力学特性是取喂苗机构设计的基础。近年来,徐丽明、惠东志、叶秉良等对玉米、烟草等自动取苗机构进行了研究^[3-5];辛明金等^[6]对水稻钵苗进行了拔苗力学研究;马瑞峻等^[7]对穴盘水稻秧苗拔秧力进行了试验研究;

肖明涛等^[8]对烟草钵苗拔苗力学特性进行了研究,但上述研究的取苗机构均是针对钵苗,并不适用于穴盘苗,尤其是漂浮育苗方式培育的棉苗移栽。

为了减少棉苗机械移栽过程中对棉苗的伤根伤苗,笔者对漂浮育棉苗取苗过程进行力学分析,认为拔苗角度及夹持位置是导致伤苗、伤根的主要因素,并通过试验,确定了最合适的拔苗角度及夹持位置。现将结果报道如下。

收稿日期:2012-10-30

基金项目:湖南省财政厅项目(62021611009)

作者简介:李桂文(1987—),男,湖南邵阳人,硕士研究生,主要从事农业机械创新设计与试验研究, hnliguiwen@163.com; *通信作者, qlz2008@21cn.com

1 拔苗空间坐标模型建立及力学分析

1.1 建立拔苗空间坐标系

漂浮育苗棉苗苗盘为多孔聚乙烯泡沫盘, 基质由腐殖质混配而成, 每孔 1 株棉苗。孔呈规则的几何形状, 上下底面分别为边长 22 mm、14 mm 的正方形, 高 55 mm。

以苗盘孔上端水平面为 xoy 平面, 上端面几何中心为原点 O , 通过原点且垂直 xoy 平面为 z 轴, 建立拔苗空间坐标模型(图 1)。图 1 中四边形 $ABCD$ 为苗盘孔的上端面, T 点为棉苗在 xoy 平面上的任意位置, 苗盘孔侧面与 z 轴的夹角为 θ 。

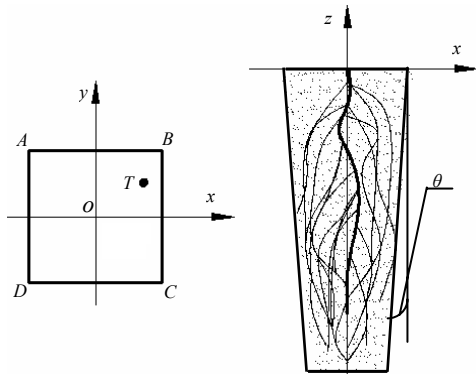


图 1 漂浮育苗棉苗苗盘空间坐标系

Fig.1 The space cartesian coordinate system of tray of the cotton seedlings of floating nursing

1.2 拔苗力学特性

图 2 所示为拔苗时基质与苗盘发生运动前状

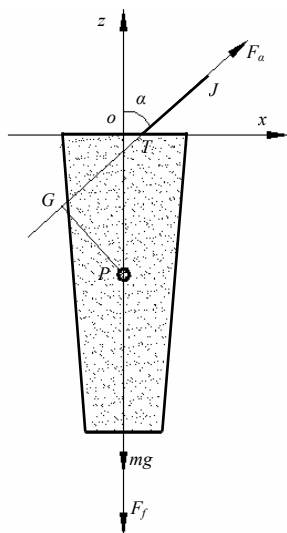


图 2 漂浮育苗棉苗初始状态受力分析

Fig.2 Force analysis for initial state of the floating seedlings of cotton

态, T 点位于 xoy 平面任意位置, 在此力系中添加力偶 M_s , 使拔苗力 F_α 位于 x 轴上。为拔苗方向与 z 轴的夹角, $0 < \alpha < 90^\circ$, J 点为拔苗夹持茎秆的位置, T 点至 J 点位移为 s 。

由力系平衡方程^[9]得:

$$F_\alpha = \frac{\left(mg + F_f + \int_0^s \frac{\rho g \pi D^2}{4} dx \right) \cos \theta}{\cos(\alpha - \theta) - f \sin(\alpha - \theta)} \quad (1)$$

式中 ρ 、 D 分别为棉苗茎秆的平均密度和平均直径, F_f 为基质与苗盘的黏附力, f 为基质与苗盘静摩擦因素, s 为夹持位置位移。

对拔苗过程进行受力分析(图 3), $A_1B_1F_1E_1$ 为基质, T 点为 A_1B_1 截面任意位置, BR 为基质与支反力 F_b 的相交截面。

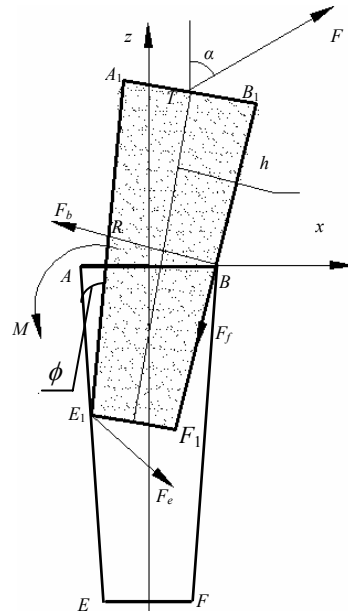


图 3 漂浮育苗棉苗拔苗过程受力分析

Fig.3 Force analysis in pulling process for floating seedlings of cotton

由弯矩定义^[10]可知, 在基质上截面 BR 所受弯矩最大, 其表达式为:

$$M = F \sin(\alpha - \phi) h \quad (2)$$

式中: ϕ 为基质 $A_1B_1F_1E_1$ 的转角; h 为 T 点至 BR 截面的距离; α 为基质所受拉力 F 与 z 轴的夹角。

由弯矩性质可知, 基质截面中所受弯矩越大, 基质及苗根越容易脱落或断裂, 结合(1)、(2)式得: 拔苗角度 α 及夹持位置位移 s 是影响拔苗力 F_α 大小的主要因素, 拔苗角度 α 是影响断根长度及基质脱

落量的主要因素。为进一步验证以上分析及找出合适的拔苗角度与夹持位置，进行拔苗试验。

2 拔苗试验

2.1 试验设备及材料

主要试验设备包括：CMT6104 万能试验机，倾角调控台，电子秤，烘干机。试验材料为湖南农业大学棉花研究所提供的湘杂 Y38 两叶一心漂浮育苗棉苗，基质含水率为 72.92%，茎秆平均直径为 1.92 mm，无遮盖茎秆平均长度为 83.5 mm。

2.2 方法

以棉苗茎秆与基质接触点为原点，根据棉苗的生理特性^[11]，茎秆夹持点位置分别取 0、25、50、75 mm。拔苗角 α 范围为 $0^\circ \sim 90^\circ$ ，为了得到拔苗力、基质脱落量及断根总长度在拔苗角度 α 范围内的分布状态，拔苗角度取 15° 为 1 个步长，共 7 个水平。根据移栽效率的要求，选取拔苗速度 $v=0.1$ m/s。

将倾角调控台调至选定角度，并将苗盘放置调控台上，接通电机电源，调速及调零；万能试验机上端苗夹夹持棉苗茎秆选定位置，开启控制开关拔苗，在计算机中读取最大拔苗力，分别用电子秤与直尺测量脱落基质质量及断根总长度。每组试验重复 3 次，结果取平均值。

2.3 结果

采取不同的拔苗角度、夹持位置拔苗，分别测得拔苗力 F_α 、脱落基质质量 M 及断根总长度 L ，结果如图 4、图 5、图 6 所示。

图 4 结果表明：随着拔苗角度的增大，拔苗力逐渐增加， $\alpha=0^\circ$ 时，拔苗力取得最小均值， $F_{\alpha\min}=3.9$ N， $\alpha=90^\circ$ 时，拔苗力取得最大均值， $F_{\alpha\max}=8.89$ N。图 5 结果表明：基质脱落质量随拔苗角度的增大而增加， $\alpha=0^\circ$ 时，脱落基质质量取得最小均值， $M_{\min}=1.03$ g， $\alpha=90^\circ$ 时，取得最大均值， $M_{\max}=10.87$ g。图 6 结果表明：断根总长度随拔苗角度的增大而增加， $\alpha=0^\circ$ 时，断根总长度取得最小均值， $L_{\min}=4.75$ cm， $\alpha=90^\circ$ 时，取得最大均值， $L_{\max}=174$ cm。

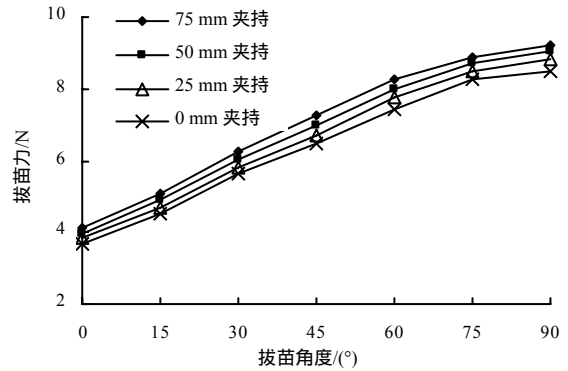


图 4 不同拔苗角度的拔苗力

Fig.4 Pulling forces with different pulling angles

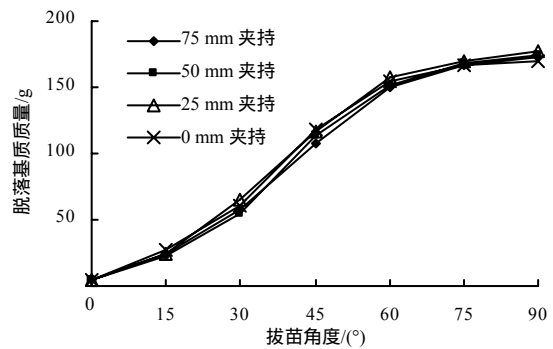


图 5 不同拔苗角度的基质脱落量

Fig.5 Weights of matrix fallen off with different pulling angles

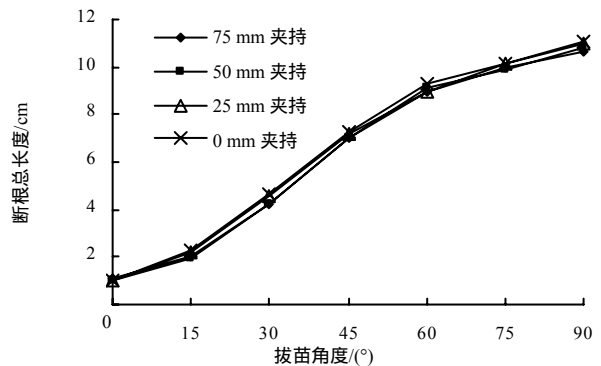


图 6 不同拔苗角度的断根总长度

Fig.6 Lengths of broken roots with different pulling angles

在不同夹持位置下拔苗，拔苗力随夹持位置位移 s 的增加有一定的增大，同一拔苗角度，拔苗力在 $s=0$ mm 取得最小值， $s=75$ mm 时，取得最大值；图 5 及图 6 结果都显示，同一拔苗角度下，不同的夹持位置对基质脱落及断根长度几乎没有影响，均在拔苗角度为 0° 时取得最小值，分别为 1 g 和 4 cm。

结合拔苗的力学特性及棉苗的农艺特性可知，拔苗力越大，棉苗茎秆及根所受拉力就越大，棉苗就更容易受到损伤，基质脱落及苗根断裂均会使棉苗的缓苗期延长，不利于棉花的后续生长^[12-13]，因

而拔苗角度 $\alpha=0^\circ$ 、夹持位置位移 $s=0$ 是棉苗的最合适取苗状态,棉苗所受的损伤最小。

参考文献:

- [1] 熊耐新,全腊珍,邹运梅,等.我国棉花移栽机的现状和发展趋势[J].湖南农机,2010(1):1-3.
- [2] 卢勇涛,李亚雄,刘洋,等.国内外移栽机及移栽技术现状分析[J].新疆农机化,2011(3):29-32.
- [3] 徐丽明,张铁忠,史志清.玉米自动移栽机取苗机构的设计[J].中国农业大学学报,2000(4):58-60.
- [4] 惠东志.烟草自动移栽机取苗机构设计与试验研究[D].长沙:湖南农业大学工学院,2010.
- [5] 叶秉良,俞高红,陈志威,等.偏心齿轮-非圆齿轮行星系取苗机构的运动学建模与参数优化[J].农业工程学报,2011(11):7-11.
- [6] 辛明金.2ZP-1水稻抛秧机脱盘供秧装置的研究[D].沈阳:沈阳农业大学工学院,1999.
- [7] 马瑞峻,区颖刚,赵祚喜,等.穴盘水稻秧苗拔断力学特性的试验研究[J].农业机械学报,2004(1):56-59.
- [8] 肖明涛,孙松林,蒋蘋,等.烟草钵苗机械特性试验研究[C]//山西农业大学学报编辑部.纪念中国农业工程学会成立30周年暨中国农业工程学会2009年学术年会(CSAE2009)论文集.太原:山西科学技术出版社,2009:1612-1615.
- [9] 哈尔滨工业大学理论力学教研室.理论力学[M].6版.北京:高等教育出版社,2002:41-50.
- [10] 刘鸿文.材料力学[M].4版.北京:高等教育出版社,2004:138-147.
- [11] 李鹏程.基质育苗移栽棉花的生育与生理特性研究[D].武汉:华中农业大学,2007.
- [12] 靳婷婷.棉花无土育苗及裸苗移栽技术效果初步研究[D].北京:中国农业科学院,2006.
- [13] 王正才.棉花漂浮育苗优化方法及其移栽技术的研究[D].长沙:湖南农业大学农学院,2007.

责任编辑:罗慧敏

英文编辑:罗维

简 报

湖南农业大学育成的 H 优 518

被农业部确认为超级稻 2013 年超级稻品种

农业部办公厅最近发布了 2013 年超级稻确认品种的通知(农办科[2013]9号),其中我校陈立云教授课题组育成的 H 优 518 被农业部确认为 2013 年超级稻品种。

H 优 518 于 2011 年通过国家水稻新品种审定,适宜在江西、湖南、湖北、浙江及安徽长江以南的稻瘟病、白叶枯病轻发区的双季稻区作晚稻种植。

谭 洁