

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20240821005

不同高油酸花生品种(系)机械脱壳特性研究

王力夫¹ 于树涛¹ 张宇¹ 张诗行¹ 董敬超¹ 周文雨²⁽¹⁾辽宁省沙地治理与利用研究所,阜新 123000;⁽²⁾辽宁省阜新市产业技术创新推广中心,阜新 123000)

摘要:为探究不同高油酸花生的机械脱壳效果,助力花生高效生产,选取10个适宜在辽宁省生产的高油酸花生品种(系)进行试验。结果表明,供试材料荚果与籽仁性状差异较大,脱净率为39.42%~68.74%,平均脱净率为57.65%,完整籽仁率和机械出米率分别为31.95%~64.74%、30.85%~62.69%,平均为52.53%、50.71%;机械损失率与籽仁长呈显著负相关,人工出米率与百仁重呈显著负相关;主成分分析共提取4个主成分,累计贡献率为87.839%,可代表12个性状的绝大部分信息,最终筛选出籽仁长、荚果长、荚果长宽比和机械损失率可作为花生机械脱壳性状评价的关键指标;适宜机械脱壳的花生品种(系)有2个,分别为冀花915和辽花608。研究结果可为适宜机械化种植品种的遗传研究提供参考。

关键词:花生;高油酸;荚果;机械脱壳;脱壳特性

Study on the Mechanical Shelling Characteristics of Different High-Oleic-Acid Peanut Varieties (Lines)

WANG Lifu¹, YU Shutao¹, ZHANG Yu¹, ZHANG Shihang¹, DONG Jingchao¹, ZHOU Wenyu²⁽¹⁾Institute of Sandy Land Control and Utilization in Liaoning Province, Fuxin 123000, Liaoning;⁽²⁾Fuxin Industrial Technology Innovation Promotion Center, Fuxin 123000, Liaoning)

花生是我国重要的油料作物和经济作物,对保障国家粮油安全具有重要的作用^[1]。食用花生,尤其是高油酸花生,有益于身体健康,可改善血清脂蛋白谱,调节人的身体机能,有利于控制体重和血糖,降低心血管疾病和代谢紊乱风险,增强大脑认知功能^[2]。花生收获以后,无论是食用、加工或是种植,

都需要先脱壳,传统手工脱壳的优点是出米率高,能够保障花生籽仁的完整性,但缺点是速度较慢、费用高,所以机械脱壳已成为必然趋势。然而,目前新选育的品种不能完全做到与农机有效配套,导致花生新品种在机械剥壳处理下籽仁的破损率较高,破损的花生籽仁因为缺少完整的种皮保护,容易导致脱脂、霉变,易遭受黄曲霉毒素的侵染^[3-4]。因此,花生产后加工中的脱壳环节对于花生技术水平的提升以及食品安全具有重要意义^[5]。

然而,目前生产上花生脱壳仍面临许多问题,

基金项目:财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系资助(CARS-13);辽宁省种质创新藏粮于技专项计划(2023JH1/10200002)

通信作者:于树涛

农业学报,2023,39(1):22-29

[14] 王星宇,程静,高生,李默涵,杨满霞,葛军勇,周海涛,李云霞,臧华栋,左文博.应用AMMI模型和GGE双标图评价裸燕麦品种(系)在华北高寒区的适应性.草业学报,2022,31(12):76-84

[15] Khan M M H, Rafii M Y, Ramlie S I, Jusoh M, Mamun M A. AMMI and GGE biplot analysis for yield performance and stability assessment of selected Bambara groundnut (*Vigna subterranea* L.

Verde.) genotypes under the multi-environmental trials (METs). Scientific Reports, 2021, 11(1): 22791

[16] 李伟琦,支小刚,赵建华,孙建好,曹素珍,谷科强.基于AMMI模型和GGE双标图的玉米区域试验分析.寒旱农业科学,2023,2(7):607-610

(收稿日期:2024-08-16)

花生破损率一直是判定花生机械剥壳的关键指标之一^[6-7], 科研工作者针对花生机械脱壳展开一系列研究, 在花生农艺性状、荚果含水量、荚果类型、品种类型等均有报道^[8-11]。近年来高油酸花生品种的选育不断增多, 但针对高油酸花生品种的机械脱壳研究相对较少, 因此本文针对现有高油酸花生品种展开机械脱壳研究, 筛选适宜机械脱壳的品种, 为适宜机械化的高油酸花生品种选育提供指导。

1 材料与方 法

1.1 试验材料 供试品种(系) 10个, 分别为20D-11、20D-13、花育52、花育662、冀G1336、冀花915、辽花608、辽花917、FYH22、豫花76, 其中辽宁省品种(系) 4个, 其余为山东、河北、河南品种(系)。

1.2 试验设计 供试材料在辽宁省沙地治理与利用研究所花生育种基地播种, 土壤为黏土, 地势平坦, 前茬为花生, 机械起垄, 每667m²施入花生专用肥(N:P:K=15:15:15) 40kg、微生物菌剂5kg、钙镁磷肥5kg。2022年5月10日播种, 穴距12.5~13.5cm, 每穴播2粒, 每个品种(系)播种300m²。试验地周围设置保护行, 生育期内防虫、不防病、不使用生长调节剂, 其他栽培措施同当地生产习惯。秋季待花生成熟后全部收获, 自然晾干7d后, 每个品种(系)选取50kg, 采用机械剥壳机(郑州市双丰机械制造有限公司, 杨家将牌花生种子剥壳机)进行机械剥壳。

1.3 测定项目 每个品种(系)随机选取10粒花生荚果及籽仁利用游标卡尺对长、宽及长宽比进行测量^[12]; 其他农艺性状调查按照NY/T 3924—2021《农作物品种试验规范 油料作物》进行; 每个品种(系)机械剥壳后, 统计籽仁外观有无明显破损情况, 计算机械出米率, 通过人工出仁率与机械出米率的差值统计机械损失率^[12]; 取50g荚果测定花生含水量。

1.4 数据处理 数据采用Excel软件进行整理, 使用SPSS 19.0软件统计分析, 利用Origin软件做箱线图, SPSS 19.0软件与Origin软件制作皮尔逊热图^[13]。

2 结果与分析

2.1 不同高油酸花生品种(系)荚果与籽仁性状

由图1可知, 供试的高油酸花生荚果大小差异明显, 平均荚果长为34.04mm, 20D-13、冀花915较高,

20D-11、FYH22、花育52、辽花608和豫花76较低, 辽花608、冀G1336和FYH22各组数据相对集中; 从荚果宽来看, 平均荚果宽为15.15mm, 20D-13最高, 为18.75mm, 辽花608、花育52、冀花915和豫花76较低, 20D-13、辽花917各组数据相对集中; 从荚果长宽比来看, 平均荚果长宽比最高的是冀花915, 为2.77, 其余均处于2.06~2.77之间, 整体相对集中。

籽仁性状中平均籽仁长为16.45mm, 20D-13、冀花915较高, 其余均在14.23~17.95mm之间, FYH22数据相对集中; 从籽仁宽来看, 平均籽仁宽为8.41mm, 除花育662和辽花917外, 各组数据均相对集中; 从籽仁长宽比来看, 平均籽仁长宽比最高的是冀花915, 为2.30, 各品种(系)变幅范围在1.65~2.30之间。

2.2 机械脱壳特性 由表1可知, 不同品种(系)的百果重在109.98g~206.01g之间, 百仁重在50.44g~91.69g之间, 包含不同荚果与籽仁大小的类型; 脱净率在39.42%~68.74%之间, 平均脱净率为57.65%, 辽花608最低, 可能是由于该品种(系)荚果粒型较小, 最小脱粒筛仍不适合该品种(系), 脱净率最高的是FYH22, 表现较好; 完整籽仁率在31.95%~64.75%之间, 平均完整籽仁率为52.53%, 在平均值以上的有7个品种(系), 其中FYH22最高; 机械出米率(种用籽仁率)在30.85%~62.69%之间, 平均机械出米率为50.71%, 在平均值以上的有7个品种(系), FYH22最高; 机械损失率在0.56%~13.00%之间, 破损低于2.00%以下的有20D-13、冀花915, 具有良好的脱壳特性, 花育52脱壳性能最差。

2.3 荚果籽仁与机械脱壳性状的相关性分析 为了直观判别荚果籽仁与机械脱壳的相关性, 进一步了解机械加工特性, 以机械出米率、机械损失率与荚果籽仁特性继续进行分析, 绘制了皮尔逊可视化热图, 以圆的大小和颜色标识相关性, 圆越大代表二者性状相关性越强, 红色代表正相关, 蓝色代表负相关。结果表明, 机械损失率与籽仁长和机械出米率呈显著负相关, 说明籽仁长不利于机械加工, 在品种(系)选择过程中要避免长椭圆形籽仁; 机械损失率与荚果长呈负相关, 但不显著, 表明机械损失率可能与脱壳机的筛网有关, 与荚果特性的关联性不大(图2)。

2.4 荚果籽仁与机械脱壳性状的主成分分析 为进一步研究花生荚果籽仁与机械脱壳的关系, 把多

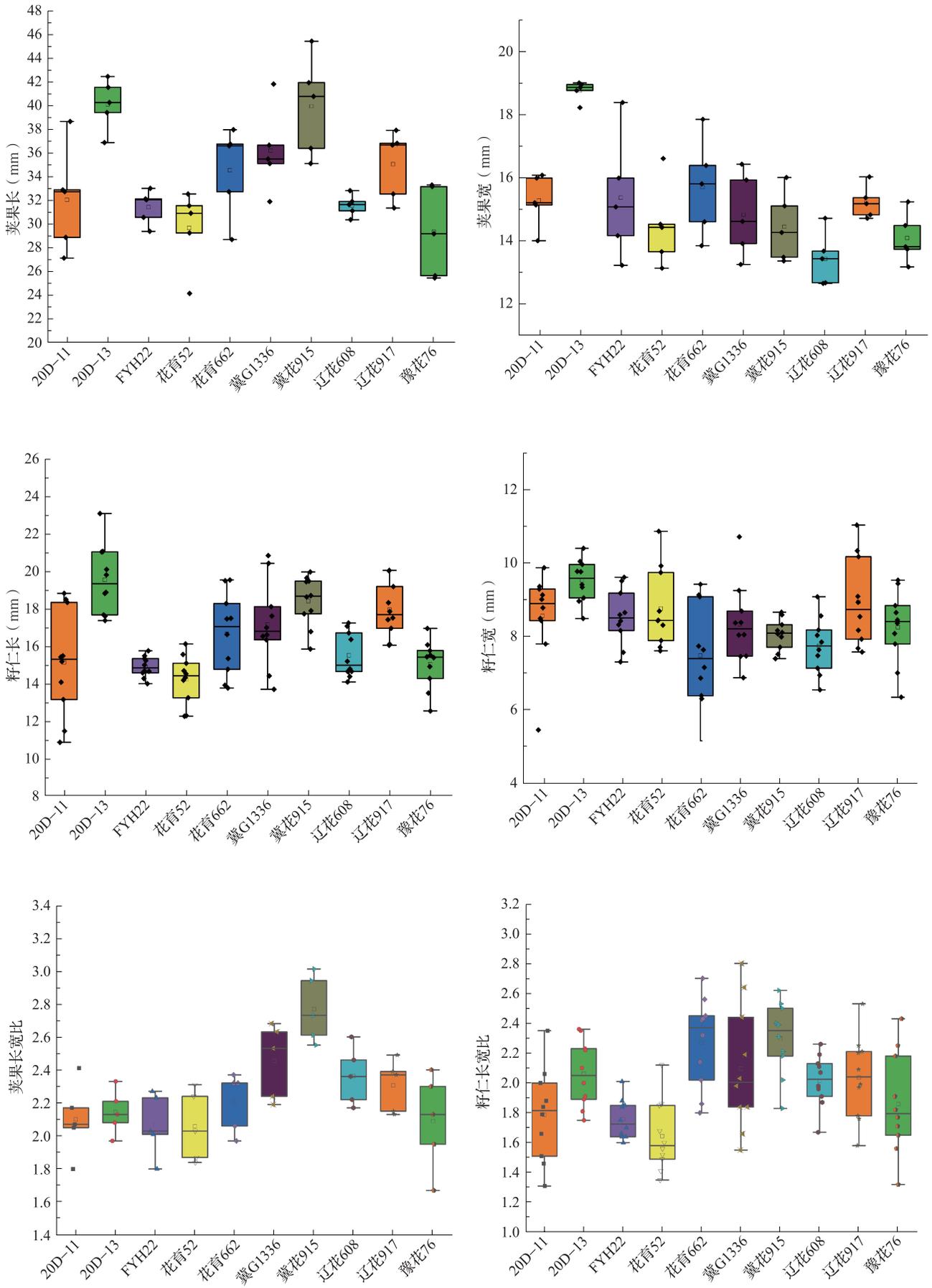
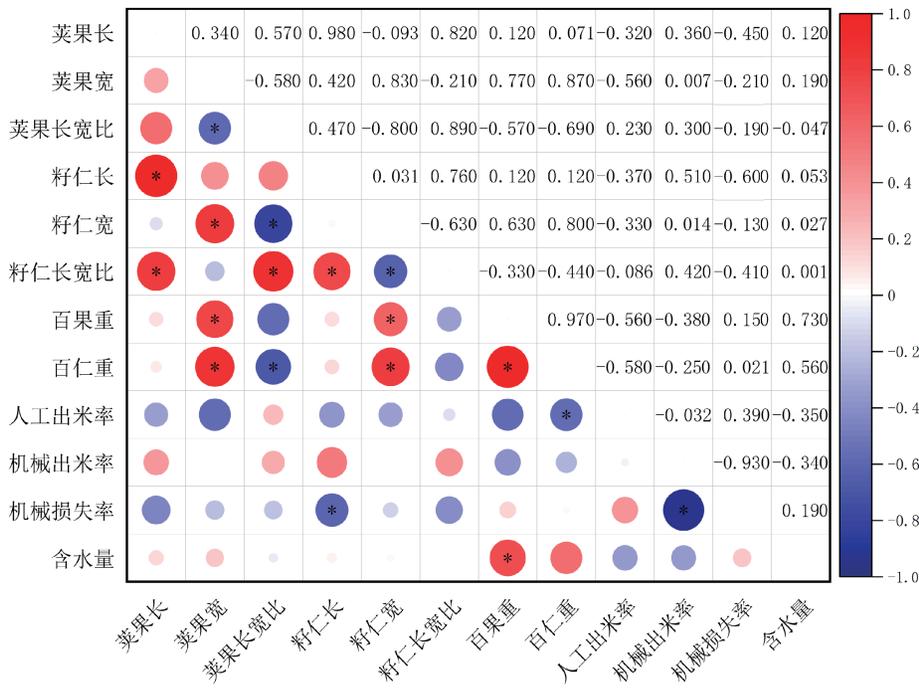


图 1 不同花生品种(系)的荚果与籽仁性状

表 1 不同花生品种(系)机械脱壳特性

品种(系)	百果重 (g)	百仁重 (g)	含水量 (%)	荚果质量(g)	籽仁质量 (g)	脱净率 (%)	完整籽仁质量(g)	完整籽仁率 (%)	种用籽仁质量 (g)	机械出米率 (%)	非种用籽仁质量(g)	非种用籽仁率 (%)	破损籽仁质量 (g)	机械损失率 (%)
20D-11	156.36	69.32	6.26	20000	10945	54.73	10490	52.45	10145	50.73	345	1.73	455	2.27
20D-13	206.01	91.69	7.08	20000	10846	54.23	10733	53.67	10468	52.34	265	1.33	113	0.56
FYH22	120.35	55.14	6.12	20000	13748	68.74	12949	64.75	12537	62.69	412	2.06	799	4.00
花育 52	120.13	60.10	5.96	20000	11912	59.56	9312	46.56	8812	44.06	500	2.50	2600	13.00
花育 662	121.41	52.76	5.90	20000	11836	59.18	10638	53.19	10287	51.44	351	1.76	1198	5.99
冀 G1336	150.21	65.45	7.13	20000	12484	62.42	11278	56.39	10920	54.60	358	1.79	1206	6.03
冀花 915	119.06	50.44	6.26	20000	11980	59.90	11836	59.18	11580	57.90	256	1.28	144	0.72
辽花 608	149.72	61.46	7.29	20000	7884	39.42	6390	31.95	6170	30.85	220	1.10	1494	7.47
辽花 917	109.98	56.10	5.76	20000	11892	59.46	10887	54.44	10587	52.94	300	1.50	1005	5.03
豫花 76	114.08	51.09	6.00	20000	11780	58.90	10546	52.73	9906	49.53	640	3.20	1234	6.17



*表示在 0.05 水平上显著相关

图 2 荚果籽仁性状与机械脱壳性状的可视化分析

个相关且信息重叠的指标进行降维,由少数几个综合因素进行替代。提取特征值大于 1 的 4 个主成分,其累计贡献率为 87.839%,可代表 12 个性状的绝大部分信息。提取 4 个因子进行后续分析,以各主成分(F_1 、 F_2 、 F_3 、 F_4)所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算,评价方程为: $F=[\lambda_1/\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4]F_1+[\lambda_2/\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4]F_2+[\lambda_3/$

$\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4]F_3+[\lambda_4/\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4]F_4=0.546F_1+0.203F_2+0.140F_3+0.112F_4$ 。主成分 1 中籽仁长和荚果长具有较大载荷,主成分 2 中荚果长宽比具有较大载荷,主成分 3 中机械损失率具有较大载荷,主成分 4 中人工出米率具有较大载荷,综合各性状在主成分中的表现,籽仁长、荚果长、荚果长宽比和机械损失率可作为花生机械脱壳性状评价的关键指标(表 2)。

表2 主成分载荷矩阵

性状	主成分			
	1	2	3	4
荚果长	0.865	0.410	0.087	0.079
荚果宽	0.779	-0.368	-0.239	0.104
荚果长宽比	0.278	0.828	0.351	0.012
籽仁长	0.876	0.398	-0.075	0.097
籽仁宽	0.499	-0.559	-0.384	0.390
籽仁长宽比	0.489	0.786	0.141	-0.203
百果重	0.794	-0.485	0.221	-0.211
百仁重	0.784	-0.588	-0.010	-0.122
人工出米率	0.142	0.168	0.318	0.838
机械出米率	0.209	0.448	-0.736	0.176
机械损失率	-0.119	-0.329	0.865	0.291
含水量	0.573	-0.112	0.431	-0.333
特征值(λ)	4.339	3.006	1.988	1.208
贡献率(%)	36.159	25.050	16.563	10.068
累计贡献率(%)	36.159	61.208	77.771	87.839

根据主成分综合评价模型,计算出10个品种(系)的综合得分,结果表明高油酸花生冀花915和

辽花608荚果籽仁与机械脱壳性状表现综合排名最高,适宜机械加工(表3)。

3 讨论与结论

目前,国内花生机械脱壳设备均以打击、揉搓为主的钢纹秆和以挤压、揉搓为主的橡胶滚筒为主,脱壳质量不高、脱净率低、籽仁破损率高,难以实现高质量脱壳,与人工脱壳相比仍存在差距,制约了花生加工的规模化发展^[14]。本研究中机械出米率为30.85%~62.69%,而人工出米率为65.95%~73.00%,机械破损程度仍较高,因此在研究提高农机技术性能指标的同时,筛选适宜机械脱壳的花生品种,才能促进农机与农艺的有效结合。

已有研究人员从花生品种的多个角度开展花生机械脱壳研究。丁彬等^[10]对不同花生荚果类型进行脱壳研究,结果表明,荚果果壳厚、花生籽仁与果壳间留有空隙时,可有效缓冲机械冲击,降低花生脱壳损伤率,但仍缺乏适宜花生脱壳的关键指标。本研究通过主成分分析,得出籽仁长、荚果长、荚果长宽比和机械损失率可作为花生机械脱壳性状评价的关键指标,并获得了2个适宜机械脱壳的花生品种(系)冀花915和辽花608,这对适宜机械加工花生品种筛选具有重要的指导意义。

表3 综合评分

品种(系)	F_1	F_2	F_3	F_4	F	排名
20D-11	-0.196	-1.065	0.426	0.426	-0.281	6
20D-13	2.349	-1.252	0.055	0.055	0.696	3
FYH22	-0.649	-0.538	0.147	0.147	-0.383	8
花育52	-1.013	-1.013	-0.671	-0.671	-1.211	9
花育662	-0.260	0.884	-0.543	-0.543	-0.249	5
冀G1336	0.634	0.645	-0.531	-0.531	0.035	4
冀花915	0.343	1.635	1.496	1.496	2.106	1
辽花608	-0.237	0.188	1.306	1.306	1.342	2
辽花917	0.177	0.946	-1.939	-1.939	-1.891	10
豫花76	-1.149	-0.430	0.255	0.255	-0.332	7

Davis^[15]研究表明,18℃下进行机械脱壳要好于2℃,机械损伤程度低;王京等^[16]以辽宁主栽品种为试验材料,进行了不同含水量对花生籽仁的静压力特性试验,结果表明花生米的破损受多

种因素影响,含水量较高时可减少花生的破损率;郭陞垚等^[17]研究了手工剥壳和机械剥壳不同含水量对花生出苗的影响,结果表明机械脱壳的花

(下转第122页)

- [2] 高爱农,杨庆文.作物种质资源调查收集的理论基础与方法.植物遗传资源学报,2022,23(1):21-28
- [3] 潘炳献,姚宗文,魏申彩,恒树五.云南省种植业区划.昆明:云南科技出版社,1992
- [4] 马瑞.云南各民族人口变动研究.北京:中央民族大学,2022
- [5] 黄燕红,孙新立,王象坤.中国栽培稻遗传多样性中心和起源研究.植物遗传资源学报,2005,6(2):125-129
- [6] 唐宇,邵继荣,周美亮.中国荞麦属植物分类学的修订.植物遗传资源学报,2019,20(3):646-653
- [7] 张文驹,戎俊,韦朝领,高连明,陈家宽.栽培茶树的驯化起源与传播.生物多样性,2018,26(4):357-372
- [8] 陈辉,范源洪,史宪伟,蔡青,张明,张亚平.甘蔗细茎野生种(*Saccharum spontaneum* L.)系统演化研究.作物学报,2001,27(5):645-652
- [9] 林霜霜,陆佩兰,余文权,张海峰,赵杰樑,陈双龙,翁培铭,车建美,葛慈斌.福建省农作物种质资源调查收集与多样性分析.植物遗传资源学报,2024,25(3):340-355
- [10] 苏艳,杨忠义,曹永生,刘义富,陈晓艳,奎丽梅,刘晓利.云南作物资源特征特性及生态地理分布研究XVI.蔬菜资源的多样性分布研究.植物遗传资源学报,2012,13(1):52-56
- [11] 马克平,黄建辉,于顺利,陈灵芝.北京东灵山地区植物群落多样性的研究II丰富度、均匀度和物种多样性指数.生态学报,1995,15(3):268-277
- [12] 戴陆园,刘旭,黄兴奇.云南特有少数民族的农业生物资源及其传统文化知识.北京:科学出版社,2013

(收稿日期:2024-09-02)

(上接第108页)

生含水量在19.60%时种子出苗率最高,手工剥壳的花生含水量在6.32%时出苗率最高,花生出苗受机械脱壳影响较大。本研究机械脱壳试验在辽宁秋季花生入库前进行,花生荚果含水量范围为5.76%~7.29%,试验还采用了次年春季的荚果进行机械剥壳,含水量范围为4.70%~5.70%,结果显示各品种(系)的机械出米率均略低。因此,高纬度地区冬季尽量不进行机械加工,花生收获后可在花生含水量较高时进行机械脱壳,以有效降低花生破损率。

参考文献

- [1] 万书波,张佳蕾.中国花生产业降本增效新途径探讨.中国油料作物学报,2019,41(5):657-662
- [2] 王传堂,于树涛,朱立贵.中国高油酸花生.上海:上海科学技术出版社,2021
- [3] 孙旭亮,周庆强,江玉萍,李金山.青岛市花生种业现状、存在问题及发展对策.中国种业,2023(2):45-47
- [4] 姜慧芳,任小平,王圣玉,廖伯寿.花生黄曲霉侵染抗性持久性及种皮完整性对产毒的影响.作物学报,2006,32(16):851-855
- [5] 陆荣,刘志侠,高连兴,Chen C,Butts C L.美国花生脱壳机研究现状及发展分析.华中农业大学学报,2020,39(2):170-180
- [6] 胡志超,王海鸥,胡良龙.我国花生生产机械化技术.农机化研究,2010,32(4):240-243
- [7] Chang A S,Sreedharan A,Schneider K R. Peanut and peanut products: A food safety perspective. Food Control,2013,32(1):296-303
- [8] 任亮,于树涛,孙泓希,殷业超,张晓光.花生农艺性状与荚果物理特性分析及适宜机械脱壳品种(系)筛选.分子植物育种. <https://link.cnki.net/urlid/46.1068.S.20231009.0848.002>
- [9] 丁彬,谢吉先,冯梦诗,陈志德,常蕾,蒋莹.种用花生荚果含水量对机械剥壳效率及效果的影响.花生学报,2021,50(3):47-54
- [10] 丁彬,谢吉先,冯梦诗.不同花生荚果类型对机械剥壳效果的影响.江苏农业科学,2022,50(5):180-184
- [11] 芦振华,李绍伟,殷君华,邓丽,苗建利,李阳,郭敏杰,胡俊平,任丽.高油酸花生开农1768在区域试验中主要性状的变异分析.中国种业,2024(1):68-71
- [12] 陈志德,沈一,刘永惠,沈悦,梁满,谢焕雄,王建楠,刘敏基.不同花生品种(系)机械脱壳特性研究.江苏农业科学,2023,51(12):91-95
- [13] 邓丽,郭敏杰,苗建利,殷君华,卢振华,任丽.我国高油酸花生品种(系)现状及可视化热图分析.种子,2023,42(2):150-156
- [14] 谢焕雄,王建楠,胡志超,刘敏基,王海鸥,吴峰,高雪梅.我国种用花生机械化脱壳技术路线.江苏农业科学,2012,40(10):356-358
- [15] Davis N D. Peanut storage studies: Effect of storage moisture on three varieties of runner peanuts. Journal of the American Oil Chemists Society, 1961, 38(10): 516-517
- [16] 王京,高连兴,刘志侠,杨德旭.花生荚果力学特性研究.农机化研究,2017,39(1):182-186,196
- [17] 郭陞垚,陈剑洪,陈永水,肖宇,王金线,陈如艳.不同剥壳方式、含水率对春花生种子发芽和出苗的影响.福建农业科技,2015(5):1-3

(收稿日期:2024-08-21)