

294 份花生品种落荚性状的评价鉴定

郭丹丹^{1,2}, 鲁清¹, 杜普旋^{1,2}, 李海芬¹, 梁炫强¹

(¹广东省农业科学院作物研究所/广东省农作物遗传改良重点实验室, 广州 510640; ²华中农业大学植物科学技术学院, 武汉 430070)

摘要: 花生落荚性是指成熟后荚果脱落的难易程度, 主要与果柄-荚果和果柄-茎秆的断裂力有关。为了探究不同花生品种的落荚性状的差异性, 本试验对 294 份花生品种在鲜花生时和晾晒 4 d 后果柄-荚果和果柄-茎秆断裂力进行系统的测量和统计分析。结果表明, 不同花生品种的果柄-荚果与果柄-茎秆断裂力存在显著差异。294 份花生品种在鲜花生和晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力变幅分别为 2.07~20.07 lb、1.73~9.64 lb, 果柄-茎秆断裂力的变幅分别为 2.21~22.86 lb、1.90~11.25 lb, 花生品种在刚收获时果柄-茎秆断裂力的变幅最大。落荚性状与主茎高度、单株果数相关性不显著。分别筛选出鲜花生和干燥后落荚特性适中的花生品种 9 份和 20 份, 为下一步培育适合机械化收获的花生新品种打下基础。

关键词: 花生品种; 落荚性; 断裂力; 遗传多样性

Evaluation and Identification of Pod Abscission in 294 Peanut Varieties

GUO Dan-dan^{1,2}, LU Qing¹, DU Pu-xuan^{1,2}, LI Hai-fen¹, LIANG Xuan-qiang¹

(¹Crops Research Institute Guangdong Academy of Agricultural Sciences/Guangdong Provincial Key

Laboratory of Crop Genetic Improvement, Guangzhou 510640; ²College of Plant Science &

Technology of Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070)

Abstract: The peanut pod abscission ability, which is the difficulty of pod shedding after maturity, is mainly related to the fracture force of gynophore-pod and gynophore-stem. In order to explore the variation of pod abscission among different peanut varieties, the fracture force of gynophore-pod and gynophore-stem of 294 genotypes were systematically measured and analysed at the beginning of harvest and after drying for 4 days in this experiment. The results showed that there were significant differences in fracture force of gynophore-pod and gynophore-stem among different peanut varieties. The variation of the gynophore-pod fracture force among 294 germplasms at the beginning of harvest and after drying for 4 days were 2.07-20.07 lb and 1.73-9.64 lb respectively, while the variation of the gynophore-stem fracture force was 2.21-22.86 lb and 1.90-11.25 lb respectively. The variation of gynophore-stem fracture force was observed at the beginning of harvest. The correlation between the characteristics of pod abscission and the main stem height and the number of pods per plant was not significant. Nine and 20 peanut varieties with suitable pod abscission ability after harvest and drying were screened respectively, which laid elite germplasm resource to breed new varieties of peanuts suitable for mechanized harvesting.

Key words: peanut varieties; pod abscission; fracture force; genetic diversity

收稿日期: 2021-11-04 修回日期: 2021-11-18 网络出版日期: 2022-02-09

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20211104001>

第一作者研究方向为花生遗传育种, E-mail: guodandan163_com@163.com; 鲁清为共同第一作者

通信作者: 梁炫强, 研究方向为花生遗传育种, E-mail: liangxuanqiang@gdaas.cn

基金项目: 国家花生产业技术体系(CARS-13); 国家自然科学基金(31771841, 31801401); 广东省自然科学基金(2021A1515010811); 广州市科技计划(201904010190); 广东省农业科学院学科团队建设(202104TD); 广东省农业科学院科技人才培养“金颖之星”(R2020PY-JX004)

Foundation projects: Modern Agroindustry Technology Research System(CARS-13), National Natural Science Foundation of China(31771841, 31801401), Natural Science Foundation of Guangdong Province(2021A1515010811), Science and Technology Program of Guangzhou, China(201904010190), Teamwork Projects Funded by Guangdong Academy of Agricultural Sciences(202104TD), Special Project for Science and Technology Innovation Strategy of Guangdong Academy of Agricultural Sciences, Jinying Star Project(R2020PY-JX004)

花生荚果脱落难易程度影响花生收获的效率,特别是机械化收获,荚果脱落较易,落果太多,荚果脱落较难,收获效率低。因此,选育落荚程度适中的品种是非常有必要的,果柄强度适中,起拔时不易落果,最大限度减少产量损失,摘果时荚果易与植株分离^[1-4]。Yang 等^[5]认为花生挖掘收获中主要机械损失为根茎节点断裂(95.7%)。沈一等^[6]对不同花生品种进行果柄拉力的测试分析,发现不同花生品种果柄强度有一定的差异。关萌等^[7]以小白沙、花育30 和四粒红为试验对象,研究了两段式收获条件下的花生秸秆与果柄水分变化及其力学性质,结果表明花生晾晒 3~5 d 是捡拾摘果的最佳时间,自身抗拉强度>秧柄节点>果柄节点。隋荣娟等^[8]以丰花1 号和鲁花11 号为研究对象,认为秧蔓-果柄节点的抗拉性能高于果柄-荚果节点,并随成熟度的增加差值变大。迟晓元等^[9]对花生鲜荚果的果柄强度进行测定和分析,认为大多数品种的果柄强度在未熟和成熟荚果间差异不显著,秧-柄节点的果柄强度大于果-柄节点,筛选出10 个适于机械化收获的果柄强度较高的优质花生品种。鲁清等^[10]分析了植株与果柄节点、果柄与荚果节点的力学特性,结果表明落荚力测量结果显示植株-果柄脱落力(51.13 lb)显著大于果柄-荚果脱落力(22.28 lb)。王冰^[11]的研究表明,果-柄和秧-柄断裂力的位移规律一致都是先增大,到达最高点后,受力瞬间快速下降,随后呈现载荷波动现象,直至完全分离。

花生落果的遗传多样性较广,前人研究所采用

的研究材料均属育成品种或育种材料,存在较大的遗传局限性。落荚与主茎高度和单株果数等主要农艺性状的相关性研究鲜见报道。本研究对不同品种花生荚果脱落难易程度进行研究,即对果柄-荚果、果柄-茎秆断裂力等性状进行测试,分析不同晾晒天数对果柄强度的影响,同时对花生果柄-荚果、果柄-茎秆断裂力进行了统计和分析,为选育适合花生机械收获的品种提供参考依据。

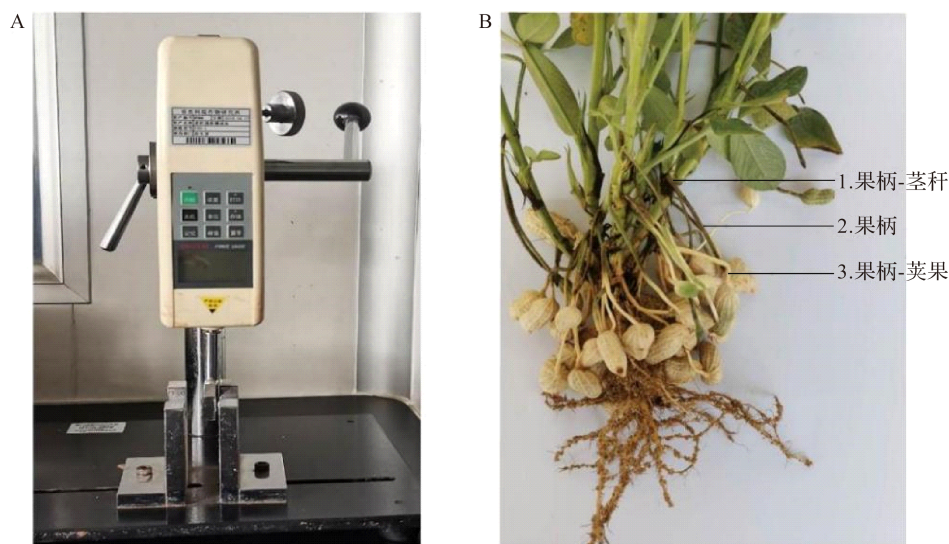
1 材料与方法

1.1 试验材料

294 份花生品种(详见 <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20211104001>,附表1)由广东省农业科学院作物研究所提供,这些品种属于广东省花生核心种质,在诸多性状有广泛的遗传多样性。试验材料于2021 年3-7 月在广东省农业科学院白云试验基地进行种植,随机区组设计,每块小区种植花生共36 株(6 行×6 列),株行间距为20 cm,所有品种按大田常规管理种植。

1.2 试验方法

1.2.1 花生断裂力测定 花生成熟期,每份材料随机取3 株,选着生部位基本一致的荚果测量。采用BNCH 便携式茎秆强度测定仪(YD-1)测定294 个鲜花生果柄-荚果和果柄-茎秆断裂力。同理,自然晾晒4 d 测定果柄-荚果和果柄-茎秆断裂力。测量时,将果柄固定于拉力计上(图1),校准测力器读数,缓慢拉动荚果,直至节点断裂,测力器记录



A: BNCH 便携式茎秆强度测定仪(YD-1); B: 花生植株果柄部位

A: Bench portable stem strength tester (YYD-1), B: Gynophore part of peanut plant

图1 花生落荚性状测量装置及花生落荚断裂点

Fig.1 The measuring device and the breaking point of peanut pod abscission

所受的力即为断裂力。每个品种的果柄-荚果与果柄-茎秆断裂力测试各重复 6 次,以平均值作为最终测试结果。

1.2.2 花生果柄-荚果、果柄-茎秆含水率测定 294 份花生随机选取 30 个品种,鲜花生、晾晒 2 d 和晾晒 4 d 花生分别将拉断后的果柄和茎秆剪碎称重,设置烘干温度为 150 ℃,进行含水率测定。每个品种测试重复 6 次,最后取平均值。

1.2.3 花生主茎高度与单株果数测定 将栽培在广东省农业科学院白云基地的 294 份花生品种,每个品种的试验材料随机选取 3 份,测量花生落荚性状前对每份材料测量主茎高度与单株果数。主茎高度调查参照《花生种质资源图鉴(第一卷)》附录^[12],重复 3 次,取平均值作为最终测量结果。

1.2.4 材料特性对落荚性状的影响统计 294 份材料由地方品种、选育品种、国外引种组成,统计 294 份材料归属于地方品种、选育品种、国外引种的数量,分析地方品种、选育品种、国外引种花生落荚性状在鲜花生、晾晒 4 d 花生的果柄-荚果断裂力和

果柄-茎秆断裂力的区别。

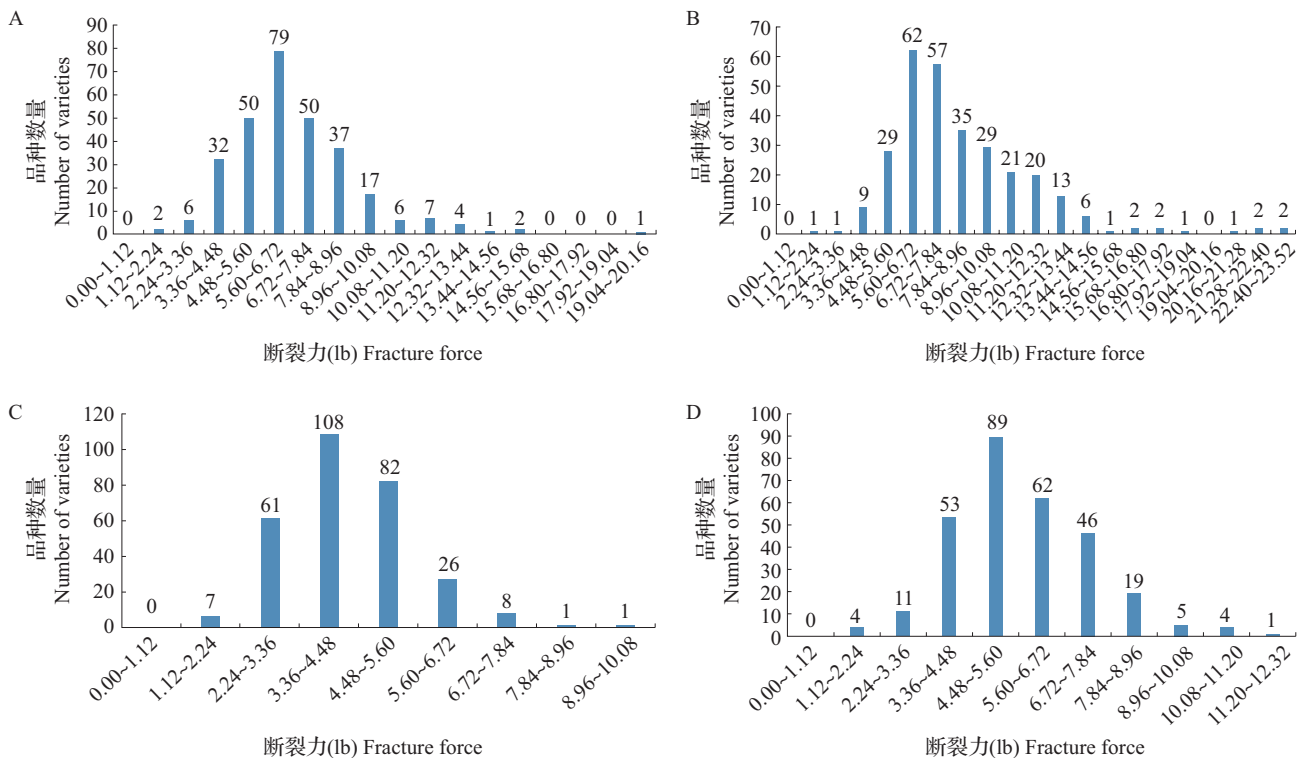
1.3 数据处理与统计

采用 Microsoft Excel 2013 对所得数据进行统计和作图;采用 SPSS 25.0 软件进行显著性分析和相关性分析;利用 Sangerbox Tools (<http://www.sangerbox.com/tool>)的相关工具进行作图。

2 结果与分析

2.1 不同品种鲜花生果柄-荚果断裂力分析

通过对 294 份花生品种断裂力进行测定,结果表明不同品种间鲜花生果柄-荚果断裂力变幅范围为 2.07~20.07 lb,平均值为 6.76 lb。其中七月豆的果柄-荚果断裂力最大为 20.07 lb,ICGV93388-4 的果柄-荚果断裂力最小为 2.07 lb。鲜花生果柄-荚果断裂力的频率基本呈正态分布曲线(图 2A),其中 5.60~6.72 lb 最多,占比 26.87%,其次为 4.48~5.60 lb、6.72~7.84 lb,均占比 17.01%,果柄-荚果断裂力大于 3.36 lb 的花生品种为 97.28%,不同品种鲜花生果柄-荚果断裂力存在明显差异。



A: 鲜花生果柄-荚果; B: 鲜花生果柄-茎秆; C: 晾晒 4 d 花生果柄-荚果; D: 晾晒 4 d 花生果柄-茎秆。横坐标中重合的刻度值,均属于该刻度值前段范围

A: Fresh peanut gynophore-pod, B: Fresh peanut gynophore-stem, C: Peanut dried for 4 days gynophore-pod, D: Peanut dried for 4 days gynophore-stem. The overlapping scale values in the abscissa all belong to the front range of the scale value

图 2 不同品种的鲜花生与晾晒 4 d 的两个着生点断裂力分布
Fig.2 The fracture force distribution of two raw points of different varieties of peanuts in fresh peanut and dried for 4 days

2.2 不同品种鲜花生果柄-茎秆断裂力分析

不同品种间鲜花生果柄-茎秆断裂力变幅范围较广,在 2.21~22.86 lb 之间,平均值为 8.78 lb。其中 0317-65 的果柄-茎秆断裂力最大为 22.86 lb,莱阳一窝猴的果柄-茎秆断裂力最小为 2.21 lb。鲜花生果柄-茎秆断裂力的频率基本呈正态分布曲线(图 2B),其中 5.60~6.72 lb 最多,占比 21.09%,其次为 6.72~7.84 lb,占比 19.39%,果柄-茎秆断裂力大于 3.36 lb 的花生品种为 99.32%,不同品种鲜花生果柄-茎秆断裂力存在明显差异。

2.3 不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力分析

不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力变幅范围为 1.73~9.64 lb,平均值为 4.33 lb。其中 NC9402(抗番茄斑萎病毒、叶斑病)的果柄-荚果断裂力最大为 9.64 lb,恩花 1 号-1 的果柄-荚果断裂力最小为 1.73 lb。花生晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力的频率基本呈正态分布曲线(图 2C),其中 3.36~4.48 lb 最多,占比 36.73%,其次为 4.48~5.60 lb,占比 27.89%,果柄-荚果断裂力大于 3.36 lb 的花生品种为 76.87%,不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力存在明显差异。

2.4 不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-茎秆断裂力分析

不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-茎秆断裂力变幅范围为 1.90~11.23 lb,平均值为 5.72 lb。其中遁地雷的果柄-茎秆断裂力最大为 11.23 lb,0317-87 的果柄-茎秆断裂力最小为 1.90 lb。花生晾晒 4 d 后果柄-茎秆断裂力的频率基本呈正态分布曲线(图 2D),其中 4.48~5.60 lb 最多,占比 30.27%,其次为 5.60~6.72 lb,占比 21.09%,果柄-茎秆断裂力大于 3.36 lb 的花生品种为 94.90%,不同品种花生晾晒 4 d 后果柄-茎秆断裂力存在明显差异。

花生果柄断裂力过大,无论是机械采收还是人工摘果都容易带柄,影响花生的商品性。花生果柄断裂力过小,在起挖晾晒过程中容易落果又会造成损失。不同花生品种断裂力存在差异,选育适宜断裂力的花生品种,花生大规模机械化收获成为可能。只有晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力大于 3.36 lb 花生占比最少为 76.87%,其他 3 组都在 90% 以上。与鲜花生的两个着生点和晾晒 4 d 后荚果-茎秆相比,晾晒 4 d 后果柄-荚果断裂力总体偏小,这也减少了花生摘除时的带柄率,减少了去柄工序,同时晾晒 4 d 后花生果柄-荚果、果柄-茎秆处的含水量降低,果柄变脆,果柄断裂力下降,容易落果,应注意晾晒对落果的影响。

2.5 不同品种花生果柄-荚果、果柄-茎秆含水率的变化

根据检测发现,刚起挖出土的鲜花生植株含水率较高,果柄-茎秆含水率为 59.61%~66.9%,果柄-荚果含水率为 51.52%~59.45%,平均值分别为 63.20%、54.63%。晾晒初期含水率下降很快,晾晒 2 d 花生果柄-茎秆含水率为 19.71%~24.95%,果柄-荚果含水率为 19.42%~21.9%,平均值分别为 23.84%、20.93%。随着晾晒时间增长含水率趋于稳定,晾晒 4 d 花生果柄-茎秆含水率为 13.34%~16.95%,果柄-荚果的含水率为 12.8%~16.33%,平均值分别为 15.32%、13.69%(图 3)。30 个品种花生植株在田间晾晒过程中果柄-茎秆和果柄-荚果含水率变化规律基本相似。

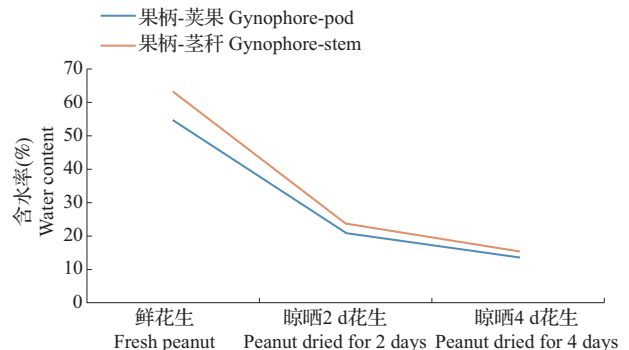


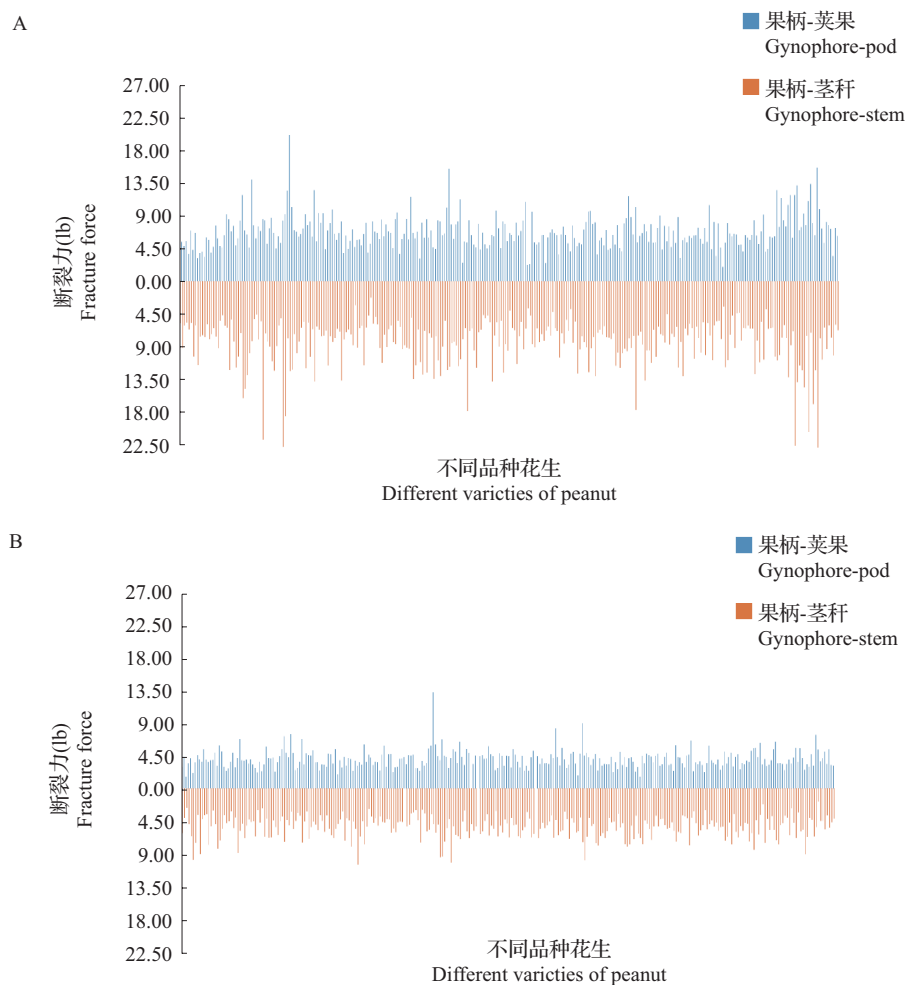
图 3 不同品种鲜花生与晾晒后两个着生点含水率

Fig.3 The water content of the two raw points after the fresh peanut and drying of different varieties of peanuts

294 份花生品种中,247 份鲜花生果柄-荚果晾晒 4 d 后断裂力变小,47 份鲜花生果柄-荚果晾晒 4 d 后断裂力增大。249 份鲜花生果柄-茎秆晾晒 4 d 后断裂力变小,45 份鲜花生果柄-茎秆晾晒 4 d 后断裂力增大(图 4)。这表明果柄-荚果和果柄-茎秆晾晒后断裂力大体呈下降趋势,少部分花生果柄-荚果和果柄-茎秆晾晒后断裂力上升。经过晾晒,大部分花生果柄含水率下降,果柄变的容易脆断,断裂力下降。还有一部分花生,果柄含水率下降,反而变得更有韧性,不易断裂,断裂力反而上升。

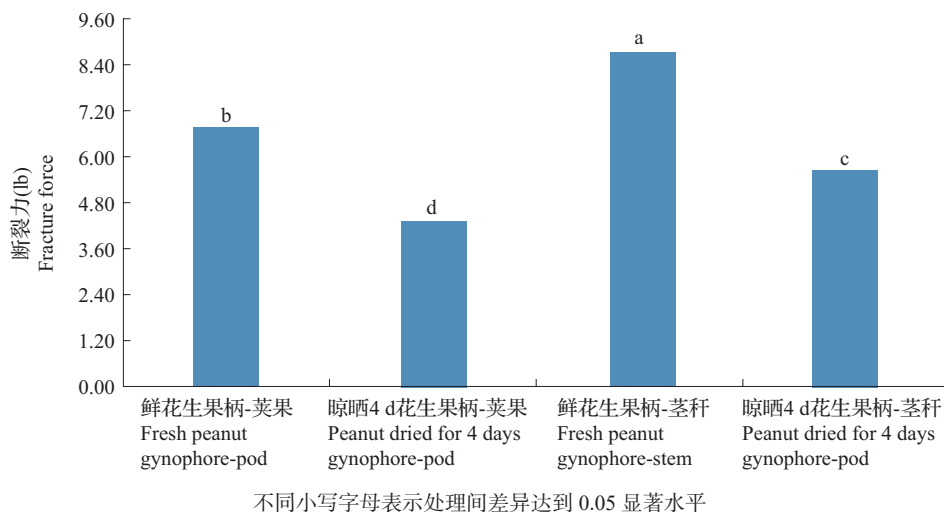
2.6 不同品种花生断裂力均值变化分析

鲜花生果柄-茎秆断裂力平均值最大为 8.78 lb,果柄-荚果断裂力平均值为 6.76 lb;晾晒 4 d 花生的果柄-茎秆断裂力平均值为 5.73 lb,果柄-荚果断裂力平均值最小为 4.33 lb(图 5)。结果表明,鲜花生和晾晒 4 d 花生的平均果柄-茎秆断裂力与果柄-荚果断裂力有显著性差异($F=176.74$, $P<0.05$)。



A: 鲜花生果柄-荚果、果柄-茎秆; B: 晾晒4 d 花生果柄-荚果、果柄-茎秆
A: Fresh peanut gynophore-pod, gynophore-stem, B: Peanut dried for 4 days gynophore-pod, gynophore-stem

图4 不同品种鲜花生与晾晒4 d 的两个着生点断裂力对比
Fig.4 The fresh peanut of different varieties of peanuts was compared with the fracture force of two raw points in the dried for 4 days



不同小写字母表示处理间差异达到 0.05 显著水平
Different lowercase letter within a column are significantly different at the 0.05 probability level among treatments
图5 不同品种鲜花生与晾晒4 d 花生的两个着生点断裂力均值比较
Fig.5 Comparison of the average fracture force at the two raw points of peanuts with different varieties under the condition of fresh peanut and dried for 4 days

根据花生育种和机械化生产的需要,筛选了 294 份材料的鲜花生和晾晒 4 d 花生前 20% 具有较大果柄 - 茎秆断裂力,同时具有适当的果柄 - 荚果断裂力(平均值前后 10%)的花生品种,鲜花生、晾晒 4 d 花生分别获得 9 份、20 份落荚性状优异的品种(表 1)。这些花生品种适宜机械化收获,为后续培育优良落荚性状的花生提供了材料。

表 1 落荚性状优异的资源品种
Table 1 Elite germplasms with excellent pod dropping characteristic

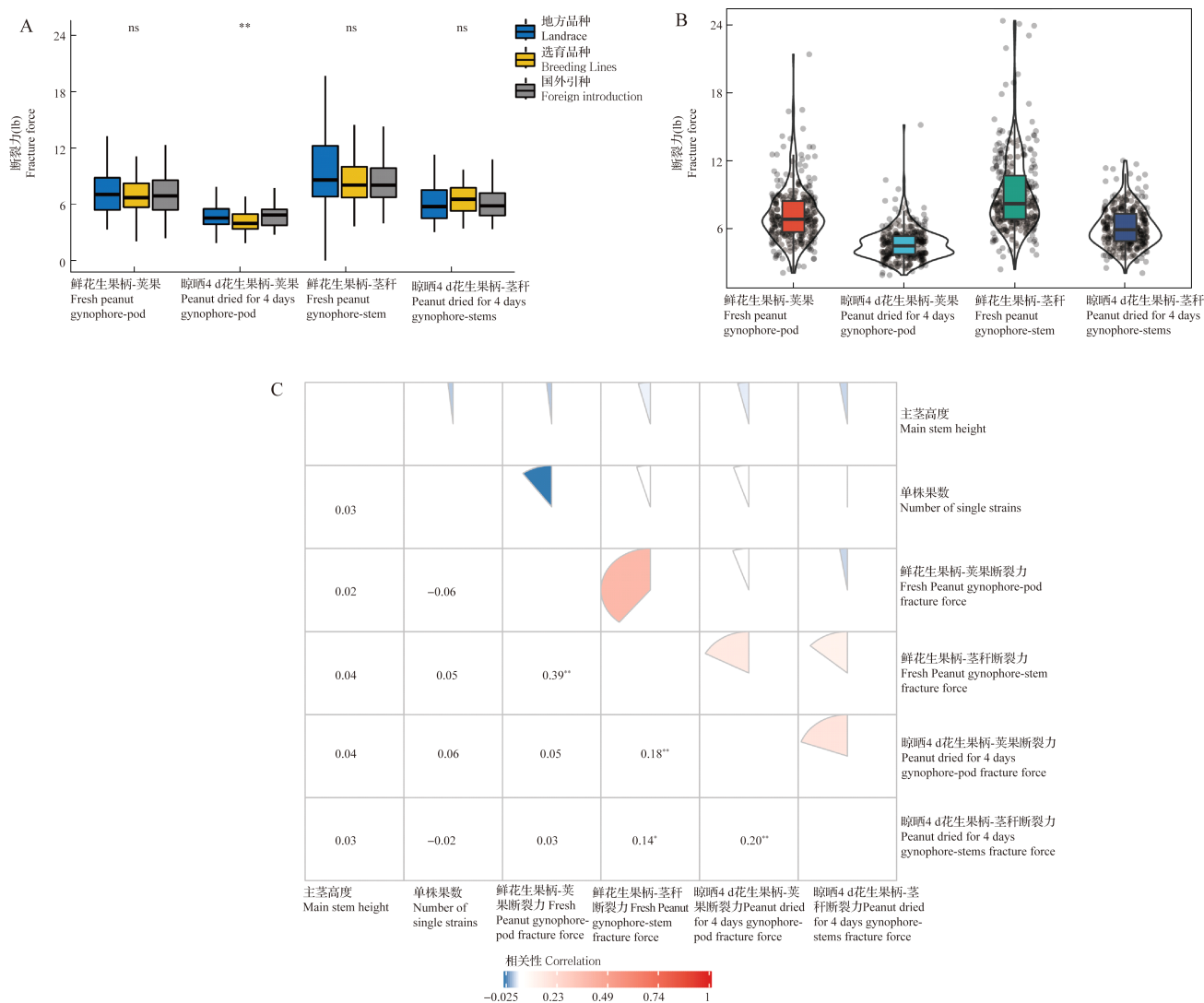
处理 Treatment	名称 Name	品种属性 Classification	断裂力 (lb) Fracture force	
			果柄 - 荚果 Gynophore-pod	果柄 - 茎秆 Gynophore-stem
鲜花生 Fresh peanut	直花蔓生 -1	地方品种	6.91	14.67
	老番豆 -1	地方品种	6.37	12.82
	十里甫红衣 10	地方品种	6.58	12.21
	江西潭口小子 -1	地方品种	6.93	11.50
	连州	地方品种	6.44	11.46
	越南花生 -1	国外引进	6.60	13.36
	set7 7	国外引进	6.33	13.69
	0317-4	育种中间材料	6.96	11.51
	0317-5	育种中间材料	7.39	12.13
晾晒 4 d 花生 Peanut dried for 4 days	昌黎大花生	地方品种	4.44	7.04
	应山花生	地方品种	4.26	9.72
	曲腰豆	地方品种	4.47	9.53
	开建铁豆 -1	地方品种	4.08	7.35
	大屁股	地方品种	4.51	7.27
	信宜三粒红	地方品种	4.41	7.22
	台山小花生 1	地方品种	4.64	7.75
	琼山豆拧	地方品种	4.32	8.63
	汕油 21-1	选育品种	4.43	8.30
	新华 6 号 -1	选育品种	4.78	8.25
	缅甸小粒红	国外引种	4.48	10.95
	泉花 10 号 -1	育成品种	4.69	7.60
	仙花生 1 号①	国外引种	4.57	7.23
	徐花 3 号	育成品种	4.31	8.02
	美黑 0415-2	国外引种	4.51	7.26
	ICGV91114-2	国外引种	4.88	10.62
	8506A-4	选育品种	4.61	8.24
	J-11	育种中间材料	4.74	7.38
	PI393527-1	育种中间材料	4.16	10.15
	PI350680	育种中间材料	4.82	7.87

2.7 材料特性对落荚的影响

从材料特性来看,地方品种有 125 份、选育品种有 94 份、国外引种有 75 份。地方品种、选育品种、国外引种的花生除了晾晒 4 d 果柄 - 荚果断裂力外,在鲜花生果柄 - 荚果断裂力、鲜花生果柄 - 茎秆断裂力、晾晒 4 d 花生果柄 - 茎秆断裂力差异都不显著(图 6A),这表明花生落荚特性受种质材料等因素的影响较小。鲜花生和晾晒 4 d 花生两处着生

点的断裂力分布主要集中在 5.73 lb 左右, 鲜花生果柄 - 茎秆分布最广, 晾晒 4 d 花生果柄 - 荚果分布比较集中(图 6B)。相关系数分析显示(图 6C), 鲜花生果柄 - 茎秆断裂力与晾晒 4 d 花生果柄 - 荚果断裂力、果柄 - 茎秆断裂力分别呈极显著正相关、显著正相关。鲜花生果柄 - 荚果与晾晒 4 d 花生两个着生点之间的断裂力差异不显著, 鲜花生两个着生点断裂力、晾晒 4 d 花生两个着生点断裂力之间相关

性不高, 这表明不同花生品种的果柄 - 荚果断裂力、果柄 - 茎秆断裂力间相互影响较小。为了探究花生落荚特性与主茎高度和单株果数的关系, 进一步对各性状开展了相关性分析。结果表明, 花生落荚性状与主茎高度和单株果数相关系数较低, 单株果数与鲜花生果柄 - 荚果和晾晒 4 d 花生果柄 - 茎秆断裂力呈负相关性, 落荚性状不受主茎高度和单株果数的影响。



A: 不同特性的种质材料断裂力比较; B: 不同品种鲜花生与晾晒 4 d 的两个着生点断裂力分布; C: 鲜花生与晾晒 4 d 的两个着生点断裂力和单株果数、主茎高度之间的 Pearson 相关系数, 扇形面积表示相关系数绝对值大小, 蓝色代表负相关, 红色代表正相关, 蓝色和红色越浅, 相关性越低。* 表示 0.05 显著水平; ** 表示 0.01 显著水平; ns 表示在 0.05 显著水平下不显著

A: Comparison of the fracture force of germplasm materials with different characteristics, B: The fracture force distribution of two raw points of different varieties of peanuts in fresh peanut and dried for 4 days, C: The Pearson correlation coefficient between the two raw points fracture force and the number of individual fresh peanut and the main stem height in the dried for 4 days. Fan area represents the absolute value size of the correlation coefficient, blue represents negative correlation and red represents positive correlation, the lighter blue and red, the lower correlation. * indicates 0.05 significant level, ** indicates 0.01 significant level, and ns indicates non-significant at 0.05 significant level

图 6 不同品种花生断裂力分布及相关性分析

Fig.6 The distribution of peanut fracture force and related analysis of different varieties

3 讨论

花生荚果脱落影响花生的收获产量,果柄断裂力低,容易落果,在机械化收获时造成损失;果柄断裂力高,收获时容易带柄,增加脱柄工序,提高成本,也影响花生的商品性。花生具有典型的“地上开花,地下结果”特点^[13],花生荚果在地下膨大成熟,花生的起挖晾晒极易造成落荚,而人们对落荚性状关注度不高且集中在少数几个花生品种上。花生落荚性状主要受两个着生点的影响,即果柄-荚果节点和果柄-茎秆节点。分析 294 份花生品种果柄-荚果节点和果柄-茎秆节点处于鲜花生和晾晒 4 d 情况下的断裂力,发现鲜花生果柄-茎秆断裂力与果柄-荚果断裂力有显著性差异,晾晒 4 d 花生果柄-茎秆断裂力与果柄-荚果断裂力有显著性差异,果柄-茎秆断裂力变幅更大且均值更高。鲜花生果柄-茎秆断裂力均值与晾晒 4 d 花生果柄-茎秆断裂力均值差异显著,鲜花生果柄-荚果断裂力均值与晾晒 4 d 花生果柄-荚果断裂力均值差异显著。这可能是果柄与荚果相连处,果柄与茎秆相连处结构不同。果柄-荚果断裂处,果柄容易带上荚果果壳上的网状茎膜结构,而果柄-茎秆断裂处的外层纤维不易断裂。这与张甜等^[14]不易落果品种株高、分枝数适中,茎机械组织发达,节间干物质和结构物质含量显著高于易落果品种的研究结果相似。不易落果品种机械组织发达、子房柄强度大、子房柄与荚果和花序轴连接力强^[15]。

花生的落荚也受含水率的影响,晾晒 4 d 后花生含水率比鲜花生下降很多,不同花生品种含水率变化规律基本一致。随着晾晒天数的增加,含水率逐渐降低最后趋于稳定,大部分花生果柄变脆易断裂,花生摘除变得容易的同时落荚率也上升;还有少部分花生果柄反而变得更有韧性,不易断裂,如 47 份鲜花生果柄-荚果晾晒 4 d 后断裂力增大,45 份鲜花生果柄-茎秆晾晒 4 d 后断裂力增大,不易落荚,这可能与花生品种不同有关。本研究所用材料和方法在鲁清等^[10]的基础上有所改进,主要体现在材料不同、材料属性不同,本研究采用的 294 份材料主要由国外品种、选育品种(南方选育种和北方选育种)以及地方品种(主要是南方品种)组成。鲁清等^[10]所用 142 份花生材料主要由目前生产上应用的选育种、育成中间材料(高世代)以及广东省第三次资源普查新收集的地方种质组成。本研究在对果柄-荚果和果柄-茎秆断裂力的统计上增加了对

鲜花生的测量,方法全面,材料也更加丰富。分析了 294 份花生品种材料特性发现,地方品种、选育品种和国外引种之间只有在晾晒 4 d 花生果柄-荚果断裂力中差异显著,鲜花生果柄-荚果、鲜花生果柄-茎秆、晾晒 4 d 花生果柄-茎秆断裂力中差异不显著,落荚性状与花生的种质材料特性关系不大。对 294 份花生果柄-荚果和果柄-茎秆断裂力进行统计分析,鲜花生筛选出 9 份果柄强度和晾晒度适中的花生,便于花生机械化收获的发展。

参考文献

- [1] 迟晓元,李昊远,陈明娜,潘丽娟,郝翠翠,王冕,王通,陈娜,禹山林.76 个花生品种(系)果柄强度的研究.花生学报,2018,47(3):14-18,25
Chi X Y, Li H Y, Chen M N, Pan L J, Hao C C, Wang M, Wang T, Chen N, Yu S L. Analysis on peg strength of 76 peanut varieties. Peanut Journal, 2018, 47(3): 14-18, 25
- [2] 吴琪,曹广英,王云云,祁雪,王秀贞,唐月昇,孙全喜,张青云,王传堂.26 个花生品种果柄强度研究.山东农业科学,2016,48(4):47-49
Wu Q, Cao G Y, Wang Y Y, Qi X, Wang X Z, Tang Y Y, Sun Q X, Zhang Q Y, Wang C T. Analysis on peg strength of 26 peanut varieties. Shandong Agricultural Sciences, 2016, 48(4): 47-49
- [3] 王传堂,祁雪,刘婷,王志伟,唐月昇,孙全喜,王秀贞,吴琪,邵俊飞,杨同荣.花生果柄脱落特性的研究.花生学报,2017,46(1):64-68
Wang C T, Qi X, Liu T, Wang Z W, Tang Y Y, Sun Q X, Wang X Z, Wu Q, Shao J F, Yang T R. Studies on peg detachment properties of peanut. Peanut Journal, 2017, 46(1): 64-68
- [4] 李海芬,温世杰,陈小平,洪彦彬,鲁清,刘浩,李少雄,周桂元,梁炫强.不同花生品种果柄节点强度的差异分析.安徽农业科学,2020,48(21):21-22,26
Li H F, Wen S J, Chen X P, Hong Y B, Lu Q, Liu H, Li S X, Zhou G Y, Liang X Q. Analysis of the tensile strength of fruit stalk nodes of different peanut varieties. Anhui Agricultural Science, 2020, 48(21): 21-22, 26
- [5] Yang R B, Xu Y F, Ling J. Tests and analyses of mechanical properties of peanut root, stem and nutnode in mechanical harvest. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2009(9): 127-132
- [6] 沈一,刘永惠,陈志德.不同花生品种(系)果柄拉力强度测试和荚果主要性状调查.江苏农业科学,2012,40(10):82-83
Shen Y, Liu Y H, Chen Z D. Handle tensile strength test of different peanut varieties (lines) and major pod traits survey. Jiangsu Agricultural Science, 2012, 40(10): 82-83
- [7] 关萌,沈永哲,高连兴,赵宝权,刘维维.花生起挖晾晒后的果柄机械特性.农业工程学报,2014,30(2):87-93
Guan M, Shen Y Z, Gao L X, Zhao B Q, Liu W W. Mechanical properties of peanut peg after digging and drying. Agricultural Engineering, 2014, 30(2): 87-93
- [8] 隋荣娟,潘滢月,孙居彦.不同成熟度花生果柄节点力学性能研究.山东农业工程学院学报,2019,36(3):25-28

- Sui R J, Pan Y Y, Sun J Y. Research on mechanical properties of peg nodes with different maturity of peanuts. *The Journal of Shandong Agricultural Engineering College*, 2019, 36(3): 25-28
- [9] 迟晓元,王冰,陈有庆,王东伟,孙伟,许静,陈明娜,潘丽娟,陈娜,王通,王冕,胡志超,禹山林. 92 个花生品种(系)的果柄和荚果力学特性研究. *花生学报*, 2020, 49(1): 31-40, 84
Chi X Y, Wang B, Chen Y Q, Wang D W, Sun W, Xu J, Chen M N, Pan L J, Chen N, Wang T, Wang M, Hu Z C, Yu S L. Mechanical properties of pegs and pods in 92 peanut varieties. *Journal of Peanut*, 2020, 49(1): 31-40, 84
- [10] 鲁清,梁炫强,陈小平,李少雄,刘浩,周桂元,刘海燕,李海芬,洪彦彬. 花生落荚、裂荚和裂仁特性评鉴及优异种质筛选. *植物遗传资源学报*, 2020, 21(5): 1102-1111
Lu Q, Liang X Q, Chen X P, Li S X, Liu H, Zhou G Y, Liu H Y, Li H F, Hong Y B. Evaluation on traits of pod abscission, dehiscence and kernel cracking of peanut and identification of elite germplasm. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2020, 21(5): 1102-1111
- [11] 王冰. 四行半喂入花生联合收获摘果机理与筛选特性研究. 北京: 中国农业科学院, 2018
Wang B. The mechanism and screening characteristics of four and a half lines fed peanuts. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018
- [12] 梁炫强. 花生种质资源图鉴: 第一卷. 广州: 广东科技出版社, 2017: 237-241
Liang X Q. Peanut germplasm resources illustrated: Volume 1. Guangzhou: Guangdong Science and Technology Press, 2017: 237-241
- [13] 潘瑞炽,陈惜吟,罗蕴秀. 花生入地结荚原因的研究. *植物生理学报*, 1983(2): 109-116
Pan R C, Chen X Y, Luo Y X. Study on the causes of peanut entry into the ground and pods. *Journal of Plant Physiology*, 1983(2): 109-116
- [14] 张甜,孙雅文,王铭伦,张晓军,王月福,邹晓霞. 不同落果特性花生品种茎枝生长与结构的研究. *花生学报*, 2018, 47(2): 59-62
Zhang T, Sun Y W, Wang M L, Zhang X J, Wang Y F, Zou X X. The research on structure growth of stems and branches of peanuts with different pod-dropping characteristics. *Journal of Peanut Science*, 2018, 47(2): 59-62
- [15] 孙雅文,邹晓霞,相云秋,张晓军,王月福,王铭伦. 不同落果特性花生品种子房柄力学性能的研究. *花生学报*, 2017, 46(1): 33-37
Sun Y W, Zou X X, Xiang Y Q, Zhang X J, Wang Y F, Wang M L. The research on gynophores' mechanical properties of peanut varieties with different peanut-dropping characteristics. *Journal of Peanut Science*, 2017, 46(1): 33-37

附表 1 自然群体资源材料表

Table S1 Natural population material

编号	名称	来源	编号	名称	来源
No.	Name	Origin	No.	Name	Origin
1	龙岩 (1)	中国福建	148	AFF780	美国
2	阳山大豆	中国广东	149	ICGV3046	中国广东
3	沙路大花生	中国广东	150	ICGV92242	中国广东
4	大珠豆①	中国广东	151	ICGV307	中国广东
5	昌黎大花生	中国广东	152	ICGV91114-1	中国广东
6	台珍 148	中国台湾	153	ICGV87860	中国广东
7	定安大花	中国海南	154	ICGV95311-1	中国广东
8	小果子	中国广东	155	ICGV67	中国广东
9	应山花生	中国广东	156	ICGV92217-1	中国广东
10	顶仁仔-1	中国广东	157	ICGV93388-4	中国广东
11	百日仔-1	中国广东	158	K1425 RH321	美国
12	东平立基花生-1	中国广东	159	仙花生 1 号①	美国
13	六月豆 (德豆)-1	中国广东	160	G201	中国广东
14	大种 1	中国广东	161	AH28-3	美国
15	瑯江花生	中国广东	162	J-11	不详
16	台山特域-1	中国广东	163	台山三粒肉	中国广东
17	台山珠-1	中国广东	164	唐人豆	中国广东
18	勾鼻豆-1	中国广东	165	ICG 3263	中国广东
19	木梗耘-1	中国广东	166	ICG 1656	中国广东
20	常春勾鼻-1	中国广东	167	ICG 1337	中国广东
21	大粒挽豆-1	中国	168	ICG 1904	中国广东
22	小果峰-1	中国广东	169	美黑 0415-2	美国
23	遂溪大豆-1	中国广东	170	美黑 0423	美国
24	早花生-3	中国广东	171	波 4	中国
25	早水发-1	中国广东	172	苏丹-1	中国辽宁
26	曲腰豆	中国广东	173	ICG665	中国广东
27	罗定大豆-1	中国广东	174	AH41(Valencia white)①	美国
28	大只豆-1	中国广东	175	泰岭百日豆	中国
29	开建铁豆-1	中国广东	176	PI476173	美国
30	直花蔓生-1	中国广东	177	AH815	美国
31	老番豆-1	中国广东	178	千叶 55-1	中国
32	猪仔豆-1	中国	179	ICG4601-2	中国广东
33	河源薄壳豆	中国广东	180	Tifrunner	美国
34	马圩大豆-1	中国广东	181	GAG	中国广东
35	墩督仔-1	中国广东	182	NC9402(抗 TSWV, 叶斑病)	美国
36	平度老墩-1	中国天津	183	ICGV91114-2	中国广东
37	大埔花生-1	中国广东	184	ICGV87157	中国广东
38	大仔铃-1	中国广西	185	ICG405	中国广东
39	大罗大粒-1	中国广东	186	ICG2594	中国广东
40	大屁股	中国福建	187	ICG11786	中国广东

41	信宜三粒红	中国广东	188	82--2	中国广东
42	五华百日仔-1	中国广东	189	82-52	中国广东
43	十里甫红衣	中国广东	190	汕油 212-1	中国广东
44	四会大珠豆	中国广东	191	泉花 627	中国福建
45	粤北种-1	中国广东	192	狮油红 4 号-1	中国
46	东莞珠豆-1	中国广东	193	粤油四粒白	中国广东
47	韶早红-2	中国广东	194	闽花 2	中国福建
48	梅县细荚-1	中国广东	195	湛油 65	中国广东
49	强盗花生(高安六月爆)①	中国江西	196	桂花 26	中国广西
50	七月豆	中国广东	197	金花 57	中国福建
51	信宜四粒红	中国广东	198	粤油 200	中国广东
52	佛州巨人	中国广东	199	粤油 256-1	中国
53	普宁南经	中国广东	200	粤油 92	中国广东
54	南海钩鼻	中国广东	201	8506A-4	中国广东
55	朱砂红-1	中国广东	202	广柳	中国广西
56	吴川种①	中国广东	203	汕油 21-1	中国广东
57	短藤	中国广西	204	粤油 85	中国广东
58	白肉仔-2	中国广东	205	粤油 147	中国广东
59	钩鼻仔	中国广东	206	白沙 225- (85) -3-1	中国广东
60	全健豆拧	中国广东	207	澄油 1016-1	中国广东
61	白延豆拧	中国广东	208	恩花 1 号-1	中国广东
62	顶子细粒-1	中国广东	209	新华 6 号-1	中国广东
63	韶府子-1	中国广东	210	辐 21	中国广东
64	郁南白花	中国广东	211	陵育 1 号-1	中国广东
65	鸡乸棵-1	美国 USA	212	珍珠红 1 号-1	中国广东
66	文摘墩	美国 USA	213	泉花 10 号-1	中国福建
67	海丰四季豆-2	中国广东	214	高鹤 4 号-1	中国广东
68	江西潭口小子-1	中国广东	215	新油矮 4 号-1	中国广东
69	油果	中国江苏	216	狮陵-1	中国广东
70	河源龙眼种	中国广东	217	湛油 41-1	中国
71	道明豆拧	中国广东	218	湛秋 48-1	中国广东
72	茂名大豆	中国海南	219	汕油 523-1	中国江西
73	台山珍珠豆-1	中国广东	220	粤油 20	中国
74	惠来斧头种-2	中国广东	221	天府 10-4	中国山东
75	台山小花生 1	中国广东	222	梧油 5 号①	中国
76	台湾大珠豆-2	中国广东	223	粤油 187-93③	中国广东
77	青岛小花生	中国广东	224	粤油 202-35③	中国广东
78	琼山豆拧	中国海南	225	仲恺花 2 号 1	中国
79	睦屋拔豆	中国辽宁	226	仲恺花 1 号 1	中国
80	珠生种	中国广东	227	托克逊小花生	中国新疆
81	遁地雷	中国广东	228	汕油 188	中国广东
82	梅县红衣-1	中国广东	229	汕油 199	中国广东
83	黄梅花生	中国广东	230	汕油 851	中国广东
84	连州	中国广东	231	台南 14	中国台湾

85	沙岑大只豆	中国广东	232	阜花 10 号	中国广东
86	泗阳大鹰嘴	中国广东	233	惠杂 24	美国
87	莱阳一窝猴	中国江苏	234	湛油 75-3	中国广东
88	容县牛角豆	中国广东	235	西藏红	中国西藏
89	曲江大只豆	中国江苏	236	吉花 4 号	中国吉林
90	阳春铺地毯-1	中国广东	237	冀甜	中国河北
91	那大大豆	中国广东	238	花育 33 号	中国山东
92	天门多保本地种	中国湖北	239	狮油 15	中国广东
93	天涯	美国	240	驻花 2 号	中国河南
94	陆屋大花生-1	中国海南	241	闽花 6 号	中国福建
95	南海勾鼻	中国广东	242	丰花 5 号	中国山东
96	番禺大珠豆	中国广东	243	粤油黑 3 号	中国广东
97	白沙 1016	中国广东	244	宛 8908	中国河南
98	英德白沙鸡豆	中国福建	245	潍花 10 号	中国山东
99	小粒种 200GY	印度	246	商研 9658	中国河南
100	PIZ68890	美国	247	中花 16	中国湖北
101	缅甸花生	缅甸	248	商研 9807	中国河南
102	ICG1704	印度	249	华育 25 号	中国山东
103	ICG1260	印度	250	徐州 68-4	中国江苏
104	越混 1 号	越南	251	冀花 8 号	中国河北
105	越南豆	越南	252	鲁花 14 号	中国山东
106	越南花生-1	越南	253	粤油黑 4 号	中国广东
107	ICG3336	印度	254	花育 16 号	中国山东
108	ICG2031	印度	255	SPI098	中国山东
109	美华大豆-1	美国	256	唐油 4 号	中国河北
110	ICGPI337409	印度	257	郑农花 13 号	中国河南
111	泰 8807-618①	美国	258	泰花 8 号	中国江苏
112	PI290595	美国	259	泰花 6 号	中国江苏
113	PI393646-1	美国	260	郑农花 9 号	中国河南
114	PI393517	美国	261	冀花 11 号	中国河北
115	PI405132-1	美国	262	豫花 1 号	中国河南
116	MH-20	美国	263	花育 23 号	中国山东
117	A1292 guiozvatndutysntit	不详	264	徐花 3 号	中国江苏
118	PI393527-1	美国	265	漯花 1 号	中国河南
119	NCAC17127	美国	266	山花 16 号	中国山东
120	PI350680	美国	267	粤油 52	中国广东
121	新墨西哥 C	新墨西哥	268	泉花 551	中国福建
122	苏-2①	不详	269	冀花 15 号	中国河北
123	缅甸小粒红	缅甸	270	豫花 22 号	中国河南
124	Fesr-2	不详	271	桂花 1026	中国广西
125	新墨西哥 A	新墨西哥	272	H17	不详
126	菲律宾红衣-1	菲律宾	273	潍花 6 号	中国山东
127	波-3	中国广东	274	桂花 17	中国广西
128	波-1	中国广东	275	中花 5 号	中国湖北

129	波-12	中国广东	276	开农 176	中国河南
130	PI337394F-1	美国	277	0317-4	中国
131	ICG86054	印度	278	0317-5	中国
132	NC2	美国	279	0317-8	中国
133	巴基斯坦花生	巴基斯坦	280	0317-11	中国
134	菲律宾珠豆	菲律宾	281	0317-74	中国
135	波-42	中国广东	282	0317-17	中国
136	越混一号	越南	283	0317-77	中国
137	ICGS106	中国广东	284	0317-28	中国
138	ICGS84	中国广东	285	0317-65	中国
139	ICGNO6313	中国广东	286	0317-83	中国
140	ICGV95422-1	中国广东	287	0317-87	中国
141	set7 7	美国	288	0317-90	中国
142	ICGV95008-1	中国广东	289	0317-91	中国
143	EF7 95	中国广东	290	0317-16	中国
144	ICGV95290	中国广东	291	14L100	中国
145	EF7 83	中国广东	292	14L101	中国
146	ICGV95414-1	中国广东	293	沙村	中国
147	ICGV95435-1	中国广东	294	四必村	中国
