

DOI:10.19462/j.cnki.zgzy.20240918004

# 胡萝卜种子丸粒化配方筛选及加工技术探索

高有军 赵虎庆 李文雪 徐学桃 李爱民 曹元林 张早霞

(甘肃武威春飞作物科技有限公司,武威 733009)

**摘要:**小粒蔬菜种子丸粒化是为了使小粒、不规则的蔬菜种子播种实现机械化、精播等,以胡萝卜种子为研究材料,以杨木粉、石英石粉、凹凸棒土、硅藻土、轻质碳酸钙、50%福美双可湿性粉剂为基础材料,按不同比例配制作作为种子丸粒化基础配方,以2.25~2.75mm为种子丸粒粒径,将不同配方按相应粉种比例对胡萝卜种子进行丸粒,研究不同丸粒粉配方下胡萝卜种子的发芽势、发芽率、有籽率、单籽率、裂解速度、抗压强度、含水量、均匀度等指标的影响,筛选出配方T1(杨木粉:石英石粉:凹凸棒土:硅藻土=30:45:20:5)、配方T7(杨木粉:石英石粉:凹凸棒土:硅藻土:轻质碳酸钙=40:25:20:5:10)为最佳的丸粒化配方,该处理下的胡萝卜丸粒种各项指标合格,适合胡萝卜种子机械化播种。

**关键词:**种子丸粒化;胡萝卜;加工技术;丸粒粉配方

## Screening of Pelletizing Formula and Exploration of Processing Technology for Carrot Seeds

GAO Youjun, ZHAO Huqing, LI Wenxue, XU Xuetao, LI Aimin, CAO Yuanlin, ZHANG Zaoxia  
(Wuwei Chunfei Crop Technology Co., Ltd., Wuwei 733009, Gansu)

胡萝卜(*Daucus carota* L. var. *sativa* D.C.),又称甘荀、金笋或红萝卜,是伞形科胡卜属胡萝卜种的二年生双子叶草本植物,以其膨大的肉质直根供人们食用,胡萝卜中含有对人体有利的 $\alpha$ 和 $\beta$ 胡萝卜素、糖以及钙等<sup>[1]</sup>,具有很高的营养价值。胡萝卜种植过程中播种是至关重要的环节,播种的好坏决定了胡萝卜的品质、产量、生产成本<sup>[2]</sup>。由于胡萝卜种子具有形状不规则、体积小、质量轻等问题,为实现种子精播,种子丸粒化技术应运而生,种子丸粒化是适应精量播种的新型种子处理技术,配套相应的播种机,使种子精密播种得以实现,目前我国在蔬菜、花卉、中药材、粮食作物、经济作物、牧草、绿肥、林木等方面均有丸粒化研究<sup>[3-5]</sup>。种子丸粒化就是将配方中的活性物质(如杀虫剂、杀菌剂、植物生长调节剂、微肥等)和非活性物质(如填充剂、黏合剂、成膜剂等)附着在千粒重 $\leq 10g$ 的种子表面(若种子表面不规则或扁平或带刺,应先初步加工种子,使种子规则),保证种子生物学特性不变,形成

具有一定大小、一定强度、表面光滑的类球体或类椭球体种子<sup>[6-7]</sup>。丸粒后的种子具有便于机械化播种、精量播种、种子抗逆能力强、种子发芽活力高等特点<sup>[8]</sup>。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

**1.1.1 试验品种** 本试验所用胡萝卜种子由甘肃砧砧木农业开发有限公司提供,商品名为金鼎红。

**1.1.2 试验丸粒粉材料** 本试验选用的丸粒粉材料有杨木粉、石英石粉、凹凸棒土、硅藻土、轻质碳酸钙、50%福美双可湿性粉剂。

**1.1.3 试验地点** 本试验于2023年5月在甘肃武威春飞作物科技有限公司丸粒化车间进行。

**1.1.4 试验仪器** 电子天平(精度0.01,0.0001)、游标卡尺(精度0.02mm)、烧杯、RH-480型号丸粒机、混粉机、烘干机、台称、镊子、发芽盒、量筒、恒温光照培养箱、电热鼓风干燥箱。

## 1.2 试验方法

**1.2.1 试验丸粒粉配方** 选用杨木粉、石英石粉、凹凸棒土、硅藻土、轻质碳酸钙等为基础材料,上述粉料粒径均大于 300 目,按不同物料质量百分比配制丸粒粉配方(表 1)。

表 1 不同配比丸粒粉配方 (%)

处理	杨木粉	石英石粉	凹凸棒土	硅藻土	轻质碳酸钙	福美双
T1	30	45	20	5		
T2	49	25	13	5	8	
T3	49	25	12.5	5	8	0.5
T4	49	23	15	5	8	
T5	49	20.5	15	5	10	0.5
T6	47	23	20	5	5	
T7	40	25	20	5	10	
T8	40	24.5	20	5	10	0.5
T9	40	24	20	5	10	1

**1.2.2 丸粒种加工技术** (1)将表 1 中丸粒粉配方按比例称好后,倒入混粉机内混合均匀。(2)取胡萝卜种子倒入丸粒机中,称取(1)中丸粒粉,打开丸粒机,转速调至 40Hz,按喷水、加粉的顺序对胡萝卜种子进行丸粒化,待丸粒种粒径达到 2.25~2.75mm 范围时,停止丸粒化操作,记录此时种粉比。(3)将丸粒好的胡萝卜种子倒入烘干机烘干,温度 30~40℃,待外壳烘干后过筛,将不合格粒径的种子继续加工,合格的种子进行下一步操作。(4)丸粒种外壳烘干到一定程度,将丸粒种置于地面晒干。(5)待种子晒干后,测定丸粒种各项指标,各项指标合格后封装保存。(6)丸粒种质量标准:有籽率≥97%,单籽率≥90%,单粒抗压强度 300~700g,裂解时间≤120s,均匀度≥90%,含水量≤理论水分。

### 1.3 丸粒化种子测定指标与方法

**1.3.1 发芽势、发芽率的测定** 发芽势、发芽率测定参照 GB/T 3543.4—1995《农作物种子检验规程 发芽试验》中种子所需发芽温度、发芽时间进行测定,丸粒种发芽采用褶皱纸法(PP)进行发芽实验,采用 5 点取样法取样,每个样品取 200 粒种子,2 次重复,每次重复 100 粒,求其平均值。

**1.3.2 有籽率、单籽率的测定** 将种子置于湿润的滤纸上面,2min 后使用镊子将丸粒种包裹物质拨开,统计丸粒种含有裸种的数量,其中有籽率为含有

种子的丸粒种占供试丸粒种的比例,单籽率为含有单个种子的丸粒种占供试丸粒种的比例,4 次重复,每次重复 100 粒,求其平均值<sup>[9]</sup>。

**1.3.3 丸粒种抗压强度的测定** 取 10 粒丸粒后的种子,在电子天平(精度 0.01)上放置一块玻璃板,用笔画出玻璃板中心,取 1 粒丸粒种置于玻璃板中心,将电子天平置零,在丸粒种上方再置一块大小相同的玻璃板,玻璃板上放置烧杯,向烧杯中加入水,观察种子变化,记录种子破裂时电子天平读数,求其平均值<sup>[10]</sup>。

**1.3.4 丸粒种裂解时间的测定** 取 20 粒丸粒种,将丸粒种放入烧杯,向烧杯内加水,使用秒表记录时间,观察 90% 种子裂解所需时间,4 次重复,求其平均值<sup>[10]</sup>。

**1.3.5 丸粒种均匀度的测定** 取 20 粒丸粒种子,使用游标卡尺(精度 0.02mm)测定丸粒种横径大小,计算符合加工粒径范围的种子占供试种子的粒数,4 次重复,求其平均值。

**1.3.6 千粒重及丸粒倍数的测定** 采用 5 点取样法取 3 份丸粒化种子,每份种子数 100 粒,使用电子天平(精度 0.0001)对每份丸粒化种子称重,求其平均值,用平均值结果乘以 10,即丸粒种千粒重,将丸粒种千粒重记为  $M_1$ ,未丸粒种子千粒重记为  $M_2$ ,丸粒倍数记为 A,按公式(1)计算,3 次重复,计算平均值<sup>[11]</sup>。

$$A = (M_1 - M_2) / M_2 \quad (1)$$

**1.3.7 丸粒种含水量的测定** 对铝箔盒提前使用电热鼓风干燥箱预热,使用电子天平(精度 0.0001)对铝箔盒称重,记录其质量为  $m_0$ ,在铝箔盒内称取一定量的丸粒种,记录其质量为  $m_1$ ,将电热鼓风干燥箱预热,温度稳定到  $105 \pm 2^\circ\text{C}$  时,放入盛有丸粒种的铝箔盒,待烘干 2h 后取出,称量,记录其质量为  $m_2$ 。按公式(2)计算其含水量,2 次重复,计算平均值<sup>[11]</sup>。

$$\text{种子含水量}(\%) = (m_2 - m_1) / (m_1 - m_0) \times 100 \quad (2)$$

丸粒种理论水分测定:用上述方法测定未丸粒种子水分和丸粒粉水分,丸粒种理论水分即两者水分重量之和占丸粒后重量的百分比。记未丸粒种子水分为  $W_1$ ,丸粒粉水分为  $W_2$ ,丸粒倍数为 A,按公式(3)计算。

$$\text{理论水分}(\%) = (W_1 + A \times W_2) / (A + 1) \times 100 \quad (3)$$

## 2 结果与分析

**2.1 不同丸粒粉配方对丸粒种各项物理指标的影响** 丸粒化种子有籽率、单籽率是决定播种后的出苗率的重要指标之一,丸粒化种子抗压强度是种子是否适合运输和是否能精量化播种的重要指标<sup>[12]</sup>。表2为不同丸粒粉配方加工后丸粒种有籽率、单籽率、抗压强度、均匀度、千粒重、丸粒倍数、含水量数据,从表2可以看出T1~T9丸粒粉配方处理下所加工丸粒种其有籽率均 $\geq 99\%$ ,单籽率均 $\geq 96\%$ ,各处理之间无明显差别。从抗压强度来看,T3~T9处理抗压强度在259~366g之间,9个处理中T5处理抗压强度最低,为259g,T2处理抗压强度最高,为568g,表明配方中增加50%福美双可湿性粉剂、提高轻质碳酸钙比例及降低凹凸棒土比例均会导致种子抗压强度下降。从裂解时间来看,T1~T9配方处理下,各配方加工丸粒种裂解时间均在30s以下。从均匀度来看,各配方加工丸粒种均匀度均

为90%。从千粒重与丸粒倍数来看,加工到相同粒径范围内,各丸粒粉配方所加工丸粒种千粒重与丸粒倍数均不同,其中T1处理丸粒倍数最大,千粒重最高,T4处理丸粒倍数最小,千粒重最低,T2~T6处理丸粒倍数及千粒重均较低,主要原因可能是由于配方中杨木粉比重增加,导致丸粒粉配方容重下降。从含水量结果来看,T1~T9配方处理含水量均 $\leq 1.4\%$ ,其中T1、T6处理含水量最低,为0.9%,T2、T9处理含水量最高,为1.4%,所有处理均在理论水分范围内。

**2.2 不同丸粒粉配方对丸粒种发芽势和发芽率的影响** 种子发芽势与发芽率是衡量种子质量的重要指标<sup>[11]</sup>,贮藏发芽结果可以验证丸粒粉配方的安全性。表3为不同丸粒粉配方下丸粒种发芽势与发芽率以及丸粒种贮存5个月和12个月的发芽势与发芽率,以未丸粒的种子为对照。从表3可以看出,贮存时,对照发芽势为94.0%,其中T9发芽势最低,

表2 不同丸粒粉配方对丸粒种各项物理指标的影响

处理	有籽率(%)	单籽率(%)	抗压强度(g)	裂解时间(s)	均匀度(%)	千粒重(g)	丸粒倍数	含水量(%)
T1	99	96	413	25	90	12.82	7.6	0.9
T2	99	97	568	26	90	10.58	6.1	1.4
T3	100	99	326	11	90	10.53	6.1	1.1
T4	99	99	330	10	90	9.67	5.6	1.2
T5	99	99	259	17	90	9.93	5.8	1.2
T6	99	99	328	14	90	10.24	5.9	0.9
T7	100	96	366	11	90	11.08	6.4	1.2
T8	100	99	348	8	90	11.80	7.0	1.3
T9	100	97	310	15	90	11.38	6.6	1.4

表3 不同丸粒粉配方对丸粒种发芽势和发芽率的影响

(%)

处理	贮存时(2023-5-11)		贮存5个月(2023-10-5)		贮存12个月(2024-5-16)	
	发芽势	发芽率	发芽势	发芽率	发芽势	发芽率
CK	94.0	94.0	90.0	93.0	94.0	94.0
T1	93.5	94.5	96.0	92.5	95.0	96.0
T2	91.0	96.0	90.0	93.0	92.5	92.5
T3	85.5	91.0	86.5	92.0	90.0	90.0
T4	93.5	95.5	93.5	94.5	93.0	93.0
T5	95.5	95.0	82.5	90.5	90.0	90.0
T6	92.5	94.0	87.0	95.0	90.5	90.5
T7	92.0	93.5	91.5	92.5	93.0	93.0
T8	82.5	90.0	75.5	93.0	83.0	83.0
T9	77.5	86.0	73.0	88.5	94.0	94.0

为 77.5%,低对照 16.5 个百分点,T5 发芽势最高,为 95.5%,高对照 1.5 个百分点;对照发芽率为 94.0%,其中 T9 发芽率最低,为 86.0%,低对照 8.0 个百分点,T2 发芽率最高,为 96.0%,高对照 2.0 个百分点。结果表明丸粒粉配方中加入 50% 福美双可湿性粉剂会导致丸粒种发芽势降低。从表 3 可以看出,经过 5 个月、12 个月贮存,对照发芽势、发芽率基本稳定,T1、T2、T4、T7 发芽势、发芽率也较为稳定,T3、T5、T6、T8、T9 发芽势、发芽率不稳定,表明丸粒粉配方中加入 50% 福美双可湿性粉剂会导致丸粒种发芽结果不稳定。

### 3 讨论与结论

种子丸粒化是适应精量播种的新型种子处理技术,丸粒粉配方决定了丸粒化种子的抗压强度、裂解特性、发芽指标等因素<sup>[10-15]</sup>。丸粒粉配方要有良好的透气性、保水性、抗压能力,杨木粉含有木质素、纤维素等物质,可以保证丸粒后的种子有良好的透气性和一定的抗压强度,凹凸棒土是一种黏土矿物,具有较好的黏性,可以作为丸粒粉配方中的黏合剂,其配比决定有籽率与单籽率的比例和抗压强度。石英石粉由于其具有较大的比重,可以作为丸粒粉配方中的增重剂。硅藻土由于其具有多孔和较强的吸水特性,可以作为丸粒粉配方中的保水剂。丸粒种抗压强度主要与丸粒粉配方中黏合剂占比有关,黏合剂的占比又间接影响丸粒种有籽率与单籽率的比例。丸粒种发芽指标是判定丸粒种加工是否合格的重要指标之一,其中发芽势可以反映出出苗的整齐度。研究发现,丸粒种发芽时间要比裸种推迟 1~2d,可能与丸粒粉配方的配比有关<sup>[9,11]</sup>。种子含水量是影响种子发芽率的重要指标<sup>[16]</sup>。测定丸粒种水分也是判定丸粒种加工是否合格的重要指标,适宜的丸粒种水分是保证贮藏过程中种子发芽稳定的主要因素。

综合不同丸粒粉配方下丸粒种有籽率、单籽率、抗压强度、裂解时间、千粒重、丸粒倍数、含水量、发芽势、发芽率、贮藏发芽结果,处理 T1 (杨木粉:石英石粉:凹凸棒土:硅藻土=30:45:20:5)、处理 T7 (杨木粉:石英石粉:凹凸棒土:硅藻土:轻质碳酸钙=40:25:20:5:10)丸粒粉配方下

加工的丸粒种有籽率 $\geq 98\%$ ,单籽率 $\geq 95\%$ ,单粒抗压强度 $\geq 350\text{g}$ ,裂解时间 $\leq 60\text{s}$ ,均匀度 $\geq 90\%$ ,含水量 $\leq$ 理论水分,所有指标所测数据均在标准以上,发芽指标合格,1年内贮藏发芽结果合格,可以作为胡萝卜丸粒种生产配方。处理 T2 (杨木粉:石英石粉:凹凸棒土:硅藻土:轻质碳酸钙=49:25:13:5:8)由于加工过程中产生较多的游离颗粒,故不宜作为胡萝卜丸粒种加工配方。

### 参考文献

- [1] 张宇光,李甜,孙胜.不同胡萝卜品种品质性状分析.山西农业科学,2021,49(2):141-145
- [2] 田建峰,史现都,张峰,李谦.胡萝卜种植模式与机械化研究.河北农机,2022(11):25-27
- [3] 徐萌萌.气吸式胡萝卜播种机的设计与试验.山东:山东科技大学,2019
- [4] 陈新予,史宇亮,陈明东,王家胜.气吸式胡萝卜播种机设计与试验.农业工程,2021,11(4):106-109
- [5] 谢锦,韩立朴.我国种子丸粒化研究现状及展望.中国生态农业学报(中英文),2024,32(4):605-615
- [6] 王维成,王荣华,高有军,艾依肯,刘珣.甜菜种子丸粒化加工技术初探.中国糖料,2016,38(5):46-48,51
- [7] 常瑛,魏廷邦,臧广鹏,王笑,李彦荣.种子丸粒化技术在小粒种子中的应用.中国种业,2020(11):18-21
- [8] 王玺茜,皮娜娜,翁群芳.种子丸粒化及其研究进展.湖南农业科学,2024(3):85-90
- [9] 张金柱.辣椒种子丸粒化包衣剂的研制.合肥:安徽农业大学,2023
- [10] 申稼豪,李会周,李卫军.博洛塔绢蒿种子丸粒化配方筛选及加工工艺.农业技术与装备,2023(9):75-77,81
- [11] 马英剑,陈罗云,臧吉强,段警博,赵家祥,郭鑫宇,徐勇,吴学民.大葱种子丸粒化及性能研究.农药学报,2022,24(5):1236-1247
- [12] 张必周,郑文哲,张惠忠,张辉,孙梦媛,付增娟,赵尚敏,鄂圆圆,张自强,王良,马永梅,白晨,李晓东.甜菜丸粒化种子裂解及抗压特性的研究.中国糖料,2023,45(3):83-88
- [13] 崔红艳,胡发龙,方子森,周玉瑞,牛俊义.丸粒化处理对胡麻种子萌发和幼苗生长的影响研究.干旱地区农业研究,2015(2):26-31
- [14] 杨明欣,张艺,韩立朴.高丹草种子丸粒化配方的筛选.河南农业科学,2020,49(7):58-67
- [15] 李会周.垂穗披碱草种子丸粒化包衣研究.乌鲁木齐:新疆农业大学,2021
- [16] 智慧,刁现民,李顺国,段胜军,陈红斌.包衣技术对谷种贮藏期水分和活力的影响.河北农业科学,2005,9(1):15-20

(收稿日期:2024-09-18)