

不同种衣剂对藜麦种子萌发及幼苗生长的影响

刘文瑜¹, 杜雪芬¹, 李健荣², 黄杰¹, 魏玉明¹, 杨发荣¹

(1. 甘肃省农业科学院畜牧与绿色农业研究所, 甘肃 兰州 730070;

2. 宁夏回族自治区农业技术推广总站, 宁夏 银川 750000)

摘要: 探析不同种衣剂对藜麦种子萌发及幼苗生长状态的影响, 筛选出适宜藜麦的种衣剂。以陇藜 1 号和白藜为材料, 选择 5.0%噻虫嗪悬浮剂、8.0%克百威悬浮剂、5.0%吡虫啉悬浮剂、2.8%噻虫嗪悬浮剂等 4 种种衣剂对藜麦进行包衣试验, 设置了 5 个不同浓度梯度 (体积比为 1:0、1:1、1:2、1:3、1:4), 研究不同浓度对藜麦种子发芽率、发芽指数和生物量的影响。结果表明, 在种子萌发试验中, 除 8.0%克百威悬浮剂外, 其他 3 种不同浓度梯度种衣剂处理下陇藜 1 号和白藜的发芽率、发芽势均高于对照清水浸种。在盆栽和大田试验中, 5.0%吡虫啉悬浮剂 (1:1) 处理下的藜麦出苗率均为最高, 其中盆栽陇藜 1 号和白藜的出苗率分别为 73.33%、91.33%, 大田分别为 95.67%、97.83%; 且该处理下盆栽和大田幼苗的生长状态均为最佳。综合考虑认为, 种衣剂 5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比 1:1 浓度是最适藜麦种子种衣剂, 具有较好的应用前景。

关键词: 种衣剂; 藜麦; 种子萌发; 幼苗生长; SPSS 分析

中图分类号: S512.9

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2025)10-0956-07

doi:10.3969/j.issn.2097-2172.2025.10.013

Effects of Different Seed Coatings Agents on Quinoa Seed Germination and Seedling Growth

LIU Wenyu¹, DU Xuefen¹, LI Jianrong², HUANG Jie¹, WEI Yuming¹, YANG Farong¹

(1. Institute of Animal Husbandry, Pasture and Green Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Agricultural Technology Extension Station of the Ningxia Hui Autonomous Region, Yinchuan Ningxia 750000, China)

Abstract: This study explored the effects of different seed coating agents on quinoa seed germination and seedling growth so as to identify the most suitable coating formulation. Using Longli 1 and white quinoa as materials, 4 seed coatings, 5.0% thiamethoxam, 8.0% carbofuran, 5.0% imidacloprid, and 2.8% thiamethoxam suspension, were tested at 5 concentration gradients (volume ratios of 1:0, 1:1, 1:2, 1:3 and 1:4). The effects of these concentrations on quinoa germination rate, germination index, and biomass were evaluated. Results showed that, except for 8.0% carbofuran, all other seed coatings at different concentrations increased the germination rate and vigor index of Longli 1 and white quinoa compared with the water-treated control. In both pot and field experiments, quinoa treated with 5.0% imidacloprid suspension (1:1) showed the highest emergence rates, 73.33% and 91.33% in pots, and 95.67% and 97.83% in the field for Longli 1 and white quinoa, respectively. Seedlings under this treatment also exhibited optimal growth performance. Overall, the 5.0% imidacloprid suspension at a 1:1 ratio was identified as the optimal seed coating for quinoa, showing strong potential for practical application.

Key words: Seed coating agent; Quinoa; Seed germination; Seedling growth; SPSS analysis

藜麦 (*Chenopodium quinoa* Willd.) 为藜科藜属一年生双子叶草本植物, 原产于南美洲安第斯山脉地区, 因其具有丰富的营养价值在国际上享有“营养黄金”等美誉^[1-3]。藜麦不仅含有丰富的蛋白质, 还包含了人类所必需的 9 种氨基酸和许多

非必需氨基酸^[4-6]。与此同时, 藜麦还富含多种矿物质、维生素、纤维和多种植物化学成分^[7-8]。作为一种适宜于高海拔地区种植且抗逆性强的作物, 藜麦被广泛地种植于较为干旱的甘肃、宁夏等地区^[9-10]。此外, 藜麦的附加经济效益较高, 如果

收稿日期: 2024-12-30; 修订日期: 2025-07-16

基金项目: 甘肃省农业科学院农业科技创新专项计划项目(2022GASS07); 甘肃省科技计划重大专项(2023DWA004); 甘肃省重点研发计划(23UFWA0011); 兰州市科技计划(2023-QN-172)。

作者简介: 刘文瑜(1985—), 女, 甘肃兰州人, 副研究员, 研究方向为作物逆境生态生理。Email: yu850721.lemon@163.com。

通信作者: 杨发荣(1964—), 男, 甘肃宁县人, 研究员, 主要从事藜麦栽培育种研究工作。Email: lzyfr08@163.com。

能使其商品化生产,在一定程度上也可以增加当地相对落后的经济收入。当前,藜麦种植中因其籽粒小导致播种较难,常用的半机械播种易致缺苗或过密,人工点播又耗时耗力,成本太高,不利于大规模种植。这两种种植方式均存在种子无法正常发芽的风险^[11]。此外,由于藜麦连茬地种植过程中,金针虫、蛴螬、地老虎等地下害虫频发,严重影响藜麦出苗及后期幼苗生长。因此,急需一种方法或手段来解决藜麦在种植过程中面临的这些问题。

目前,使用种衣剂已成为提高种子质量、出苗率及防治农作物病虫害等的重要手段^[12]。种衣剂是一种可以用于包衣种子并在其表面形成一层膜的物质。通常情况下,种衣剂是由杀虫剂、杀菌剂和成膜剂等加工成的,可稀释后或直接对种子进行包衣处理^[13]。经过种衣剂包衣的种子,可以增加籽粒的体积,一方面便于其机械化播种,另一方面可以有效防止病虫害并提高种子的发芽率等。同时还减少了种子的播种量,节约了成本。据报道,种衣剂已经在多种作物中推广应用,如小麦^[14]、玉米^[15]、水稻^[16]、棉花^[17]和蔬菜^[18]等,而种衣剂在藜麦上的研究还鲜有报道。朱雪峰等^[19]研究表明,种衣剂可以提高藜麦的产量,其中增产效果最好的是含有木霉菌剂的种衣剂;崔洪旭^[11]确定出大豆粉和硅藻土调配的种衣剂最适合藜麦种子。而国外关于藜麦种子包衣的研究尚未见报道。鉴于此,本研究通过不同浓度梯度的种衣剂对藜麦种子进行包衣试验,旨在筛选出能够促进种子萌发和幼苗生长的最适种衣剂。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试藜麦品种陇藜 1 号(L-1)、白藜(BL),均来自甘肃省农业科学院。供试种衣剂 5.0%噻虫嗪悬浮剂(T1516YM64)、8.0%克百威悬浮剂(T1617YM80)、5.0%吡虫啉悬浮剂(140-1号)、2.8%噻虫嗪悬浮剂(130-2号),均由甘肃省农业工程技术研究院提供。

1.2 试验设计

1.2.1 室内种子萌发试验 试验共设 4 种种衣剂 T1516YM64、T1617YM80、140-1 号、130-2 号处理,每个种衣剂按体积比设置 5 个不同浓度梯度,

分别为原液(1:0、1:1、1:2、1:3、1:4)。药种质量比为 1:25,试验时取两层滤纸平放在玻璃培养皿中,吸足水分后,将用 5 个浓度种衣剂处理好的种子随机取 50 粒均匀摆放,每个品种每个处理 3 次重复,以不做包衣的种子为对照,培养温度为 25℃。开始发芽后,每 24 h 记录 1 次发芽数量。以清水浸种为对照(CK)。

1.2.2 温室盆栽试验 将包衣好的种子分别播种在 20 cm×25 cm 的花盆中,每盆播种 50 粒,以不包衣的种子为对照(CK),每个处理重复 3 次,置于玻璃温室中。

1.2.3 大田试验 设计在室内试验的基础上,以 4 种种衣剂为材料,每个种衣剂与水按体积比设置 3 个不同浓度梯度,分别为(1:0、1:1、1:2)(体积比),以不包衣的种子为对照(CK),每个品种共 13 个处理。随机区组排列,重复 3 次,小区面积 15 m² 左右。用人工播种机播种,每穴点播 3~5 粒种子,播深 2 cm,行距 30 cm,株距 25 cm。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 培养皿种子萌发指标 以萌发处理后种子出现胚轴作为萌发标准。处理后每 24 h 统计发芽种子数,直至发芽试验结束,计算种子发芽率、发芽势。将每 12 h 划分为一个时间段,用每个时间段的发芽数计算发芽指数,共计算 4 次,分别用 1、2、3、4 表示。计算公式如下。

发芽率(GP)=发芽种子数/供试种子数×100%

发芽势(GE)=第 3 d 发芽种子数/供试种子数×100%

发芽指数(GI)= $\sum(G_t/D_t)$ (式中 G_t 表示 t 时间内的发芽数, D_t 表示发芽时段)

1.3.2 田间出苗率 于出苗期统计每份材料每个小区的出苗数,计算出苗率,重复 3 次,取平均值。

出苗率=出苗穴数/播种总穴数×100%

1.3.3 生长指标 待盆栽或田间植株出苗后 20 d 将植株连根取出,洗净根部泥土,再用滤纸吸干根部及叶面水分,将其分成地上和地下两部分,土壤以上到顶部的部分为地上部分,剩余部分为地下部分,并对其称重(干重、鲜重)。将植株平放在桌面,直尺平行于植株基部,从基部向上测量植株的最高点为株高,向下测量植株的最低点为

根长。每个指标重复测定 3 次。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 进行数据处理, 采用 SPSS 25 进行单因素方差分析。

2 结果与分析

2.1 种衣剂对培养皿藜麦种子萌发的影响

2.1.1 种衣剂 对不同品种藜麦种子发芽率和发芽势的影响从表 1 可以看出, 4 种不同浓度梯度种衣剂处理下陇藜 1 号(L-1)的发芽率均高于 CK, 说明在所测试浓度范围内 4 种种衣剂对 L-1 发芽有一定的促进作用; 白藜(BL)的发芽率除 T1617YM80(1 :

4) 处理低于 CK 外, 其余浓度种衣剂处理均对 BL 发芽有促进作用, 其中 T1516YM64 (1 : 2)处理和 140-1 号(1 : 1)处理最高, 达到 98.67%, 这 2 个处理与 T1617YM80(1 : 4)、CK 差异显著($P < 0.05$), 与其余处理差异均不显著。4 种种衣剂处理下 BL 的发芽势均高于 CK, 表明种衣剂处理对 BL 种子的萌发有一定的促进作用; L-1 的发芽势除 T1617YM80(1 : 2、1 : 4)外, 其余种衣剂处理的种子发芽势均高于 CK。

2.1.2 种衣剂对不同品种藜麦种子发芽指数的影响 由表 2 得知, 除 140-1 号(1 : 2)外, 经 4 种

表 1 不同浓度种衣剂对藜麦种子发芽率和发芽势的影响

种衣剂	浓度	发芽率		发芽势		%
		L-1	BL	L-1	BL	
T1516YM64	1 : 0	88.67±0.57 cd	96.00±1.00 abc	39.33±0.58 efgh	46.00±0.00 bcde	
	1 : 1	89.33±1.15 bcd	96.00±0.00 abc	40.00±1.00 defg	45.33±0.57 cde	
	1 : 2	90.00±1.00 bc	98.67±0.57 a	42.67±0.58 bcde	46.67±0.57 abcd	
	1 : 3	93.33±0.57 ab	98.00±1.00 ab	44.00±1.00 abc	46.67±0.57 abcd	
T1617YM80	1 : 4	94.00±1.00 ab	94.67±2.08 abc	42.67±0.58 bcde	48.00±0.00 ab	
	1 : 0	94.00±0.00 ab	95.33±0.57 abc	39.33±0.58 efgh	45.33±0.57 cde	
	1 : 1	92.00±2.00 abc	96.00±1.00 abc	39.33±1.15 efgh	48.67±0.57 a	
	1 : 2	92.00±1.00 abc	96.00±0.00 abc	36.00±1.00 h	48.00±0.00 ab	
140-1号	1 : 3	92.00±2.00 abc	98.00±1.00 ab	40.00±2.00 defg	47.33±0.57 abc	
	1 : 4	96.00±1.00 a	93.33±0.57 c	36.67±0.58 gh	44.67±1.00 de	
	1 : 0	90.00±0.00 bc	98.00±1.00 ab	38.67±0.58 fgh	45.33±0.57 cde	
	1 : 1	92.00±1.73 abc	98.67±0.57 a	44.67±0.58 ab	45.33±0.57 cde	
130-2号	1 : 2	92.00±1.00 abc	96.67±1.15 abc	38.00±1.00 fgh	48.00±1.00 ab	
	1 : 3	92.00±1.73 abc	96.00±0.00 abc	46.00±1.00 ab	46.67±0.57 abcd	
	1 : 4	92.00±1.00 abc	95.33±0.57 abc	47.33±0.58 a	46.67±0.57 abcd	
	1 : 0	94.00±1.00 ab	96.00±2.00 abc	39.33±0.58 efgh	44.67±0.57 de	
清水(CK)	1 : 1	90.00±1.00 bc	98.00±1.00 ab	40.67±1.53 cdef	47.33±0.57 abc	
	1 : 2	96.00±0.00 a	95.33±1.52 abc	45.33±0.58 ab	48.00±0.00 ab	
	1 : 3	94.00±2.00 ab	95.33±0.57 abc	43.33±0.58 bcd	47.33±0.57 abc	
	1 : 4	92.00±1.00 abc	94.67±0.57 abc	42.67±0.58 bcde	46.67±0.80 abcd	
		85.33±0.57 d	94.00±2.00 bc	37.33±1.15 fgh	44.00±0.57 e	

表 2 不同浓度种衣剂对藜麦种子发芽指数的影响

种衣剂	浓度	发芽数/个								发芽指数	
		L-1				BL				L-1	BL
T1516YM64	1 : 0	39	4	1	0	46	2	0	0	86.17±1.83 gh	98.00±0.30 cd
	1 : 1	40	3	1	0	45	2	1	0	87.17±1.23 fg	96.50±2.00 ef
	1 : 2	43	2	0	0	47	1	1	0	91.75±1.25 d	99.58±0.11 ab
	1 : 3	44	1	0	0	47	1	0	0	92.75±0.96 d	99.00±0.45 bc
T1617YM80	1 : 4	43	2	2	0	48	1	0	0	92.92±1.62 d	101.08±0.97 a
	1 : 0	38	4	1	0	45	2	1	0	84.08±0.01 jk	96.50±0.50 ef
	1 : 1	37	5	3	0	48	0	0	0	84.25±0.25 ij	100.00±0.00 ab
	1 : 2	36	8	3	0	46	1	0	0	85.43±0.57 hi	96.92±1.54 df
140-1号	1 : 3	40	3	3	0	48	1	0	0	88.33±0.03 ef	101.08±0.97 a
	1 : 4	37	8	1	0	45	2	0	0	86.33±0.00 gh	95.92±0.48 ef
	1 : 0	39	4	3	0	46	2	1	0	87.33±0.00 fg	98.58±0.27 bc
	1 : 1	45	2	0	0	48	1	0	0	95.92±0.02 bc	101.08±0.97 a
130-2号	1 : 2	38	4	4	0	45	2	2	0	83.50±0.50 jk	97.08±0.08 de
	1 : 3	46	0	0	0	47	1	0	0	95.83±0.03 bc	99.00±0.50 bc
	1 : 4	47	1	0	0	48	0	0	0	99.00±0.50 a	101.08±0.97 a
	1 : 0	39	6	2	0	45	2	0	0	88.92±0.02 e	95.92±0.02 ef
清水(CK)	1 : 1	40	4	1	0	47	2	0	0	88.25±0.25 ef	100.08±0.04 ab
	1 : 2	45	2	1	0	48	0	0	0	96.50±0.70 b	100.00±0.26 ab
	1 : 3	44	3	0	0	47	1	0	0	94.93±0.11 c	99.00±0.50 bc
	1 : 4	45	1	0	0	47	0	0	0	94.82±1.18 c	97.95±1.00 cd
		39	2	1	0	45	1	1	0	84.00±0.00 jk	95.42±0.83 f

不同浓度种衣剂处理过的 L-1 和 BL 的发芽指数均高于 CK, 其中, 140-1 号(1 : 4)包衣的 L-1 的发芽指数显著高于其他处理 ($P<0.05$), 为 99.00; T1516YM64(1 : 4)、T1617YM80(1 : 3)、140-1 号(1 : 1)和 140-1 号 (1 : 4) 包衣的 BL 发芽指数最高, 均为 101.08。

2.2 种衣剂对盆栽藜麦出苗及幼苗生长的影响

2.2.1 种衣剂对盆栽藜麦出苗率的影响 从表 3 得知, 种衣剂 T1516YM64 (1 : 1、1 : 2、1 : 4)、

130-2号(1 : 0)和 140-1 号各浓度处理过的 L-1 盆栽出苗率均高于 CK; 除种衣剂 T1617YM80(1 : 4)处理的 BL 盆栽出苗率低于 CK 外, 其余处理均高于 CK。其中 140-1 号(1 : 1)处理过的 L-1 和 BL 出苗率明显高于其他处理, 分别为 73.33% 和 91.33%, 分别比 CK 高 9.99%和 23.42%。

2.2.2 种衣剂对盆栽藜麦幼苗生长的影响 由表 4 得知, 4 种不同浓度种衣剂处理过的 L-1 的株高均高于 CK, 且除 T1516YM64(1 : 4)以外, 其余浓度种衣剂处理过的 L-1 的地上鲜重及干重也均高于 CK; 其中 140-1 号 (1 : 1) 处理过的 L-1 的株高 (16.57 cm)、地上鲜重(2.65 g)、地上干重(0.26 g)最高。T1516YM64(1 : 2、1 : 3)、140-1 号(1 : 0、1 : 1、1 : 4)和 130-2 号(1 : 1、1 : 3、1 : 4)处理的 L-1 根长均高于 CK。T1617YM80 (1 : 2)和 130-2 号 (1 : 1、1 : 2、1 : 3、1 : 4) 处理的 L-1 地下鲜重均高于 CK。T1617YM80 (1 : 2、1 : 3) 和 130-2 号 (1 : 0、1 : 1、1 : 2、1 : 3、1 : 4)处理的 L-1 地下干重高于 CK。

由表 5 可知, 4 种不同浓度种衣剂处理的 BL 的地上鲜重、干重和地下鲜重、干重均高于或相当于 CK; 除 T1516YM64(1 : 4)、T1617YM80(1 : 0)、140-1 号(1 : 2、1 : 4)、130-2 号(1 : 0)处理的 BL 株高低于 CK 外, 其余处理均高于 CK; 除 T1516YM64 (1 : 0、1 : 3)、T1617YM80 (1 : 3)、

表 3 不同浓度种衣剂对盆栽藜麦出苗率的影响 %

种衣剂	浓度	L-1	BL
T1516YM64	1 : 0	65.33±1.53 cde	82.00±1.73 cd
	1 : 1	71.33±1.15 ab	84.67±1.15 bcd
	1 : 2	72.67±0.58 a	85.33±2.08 bc
	1 : 3	66.67±1.53 bcde	88.00±1.00 ab
	1 : 4	69.33±1.15 abc	83.33±1.15 bcd
T1617YM80	1 : 0	62.00±1.00 ef	79.33±0.58 d
	1 : 1	65.33±0.58 cde	84.00±1.00 bcd
	1 : 2	64.67±0.58 cde	86.67±2.08 abc
	1 : 3	62.00±1.73 ef	82.67±1.53 bcd
	1 : 4	63.33±2.08 def	69.33±1.53 e
140-1号	1 : 0	70.00±2.64 abc	88.00±2.00 ab
	1 : 1	73.33±2.08 a	91.33±1.15 a
	1 : 2	71.33±1.15 ab	84.00±2.00 bcd
	1 : 3	71.33±0.58 ab	86.67±2.31 abc
	1 : 4	70.67±1.15 ab	86.67±1.15 abc
130-2号	1 : 0	68.00±1.73 abcd	87.33±1.53 abc
	1 : 1	62.67±1.15 def	85.33±0.58 bc
	1 : 2	58.67±1.15 f	86.00±1.00 abc
	1 : 3	61.33±1.15 ef	82.67±1.15 bcd
	1 : 4	64.67±0.58 cde	84.00±0.00 bcd
清水(CK)		66.67±1.53 bcde	74.00±1.73 e

表 4 不同浓度种衣剂对盆栽藜麦 1 号(L-1)幼苗生长的影响

种衣剂	浓度	株高 /cm	根长 /cm	地上鲜重 /g	地下鲜重 /g	地上干重 /g	地下干重 /g
T1516YM64	1 : 0	13.43±0.40 cde	4.80±0.44 def	2.09±0.10 fgh	0.06±0.01 cd	0.17±0.01 def	0.009±0.002 bcd
	1 : 1	14.65±0.49 bcd	4.87±0.23 def	2.39±0.17 bcde	0.06±0.00 cd	0.20±0.01 bcd	0.008±0.002 bcde
	1 : 2	12.30±0.80 ef	6.00±0.50 a	2.23±0.25 efg	0.07±0.01 bc	0.18±0.02 def	0.009±0.002 bcd
	1 : 3	13.57±0.40 cde	5.13±0.31 d	1.84±0.12 i	0.06±0.01 cd	0.15±0.03 f	0.008±0.002 bcde
	1 : 4	11.30±0.50 f	4.40±0.17 gh	1.14±0.05 k	0.04±0.00 e	0.08±0.01 g	0.005±0.001 e
T1617YM80	1 : 0	14.80±0.60 bc	3.90±0.36 h	2.05±0.05 ghi	0.05±0.01 de	0.19±0.01 cde	0.007±0.001 cde
	1 : 1	14.57±0.51 bcd	4.03±0.21 gh	2.53±0.11 abc	0.07±0.01 bc	0.19±0.02 cde	0.009±0.001 bcd
	1 : 2	14.67±1.01 bcd	4.47±0.15 efg	2.64±0.14 ab	0.08±0.01 ab	0.23±0.01 ab	0.010±0.001 bcd
	1 : 3	16.40±1.22 a	3.17±0.12 i	2.51±0.17 abcd	0.07±0.01 bc	0.20±0.03 bcd	0.010±0.001 bcd
	1 : 4	15.50±1.32 ab	4.00±0.20 gh	1.81±0.10 i	0.05±0.01 de	0.15±0.01 f	0.006±0.002 de
140-1号	1 : 0	13.23±0.75 de	5.27±0.25 cd	1.81±0.02 i	0.06±0.01 cd	0.15±0.01 f	0.008±0.002 bcde
	1 : 1	16.57±0.51 a	5.30±0.36 bcd	2.65±0.15 a	0.07±0.00 bc	0.26±0.02 a	0.007±0.001 cde
	1 : 2	15.27±2.00 ab	4.17±0.29 gh	1.94±0.12 hi	0.06±0.01 cd	0.16±0.01 ef	0.008±0.001 bcde
	1 : 3	13.53±0.90 cde	4.83±0.15 def	1.83±0.15 i	0.05±0.00 de	0.15±0.00 f	0.006±0.001 de
	1 : 4	12.83±0.29 e	5.10±0.10 d	1.83±0.15 i	0.05±0.01 de	0.16±0.01 ef	0.008±0.002 bcde
130-2号	1 : 0	14.87±0.32 bc	4.17±0.06 gh	2.17±0.15 efgh	0.07±0.01 bc	0.17±0.03 def	0.010±0.000 bcd
	1 : 1	16.53±0.42 a	5.77±0.21 ab	2.29±0.18 cdefg	0.08±0.01 ab	0.18±0.02 def	0.030±0.006 a
	1 : 2	15.57±0.40 ab	4.93±0.12 de	2.64±0.14 ab	0.09±0.02 a	0.22±0.02 bc	0.012±0.001 b
	1 : 3	15.40±0.26 ab	5.10±0.10 d	2.31±0.17 cdef	0.08±0.01 ab	0.20±0.03 bcd	0.010±0.001 bcd
	1 : 4	14.57±0.51 bcd	5.63±0.15 abc	2.26±0.12 defg	0.08±0.01 ab	0.17±0.01 def	0.011±0.001 bc
清水(CK)		10.97±0.47 f	5.07±0.60 d	1.55±0.05 j	0.07±0.01 bc	0.15±0.03 f	0.009±0.003 bcd

140-1 号 (1 : 0)处理的 BL 根长低于 CK 外, 其余处理均高于 CK, 其中 140-1 号 (1 : 1)处理的 BL 株高和根长最高, 分别为 18.00 和 6.30 cm。

2.3 种衣剂对田间藜麦出苗及幼苗生长的影响

2.3.1 出苗率 由表 6 可知, 除 T1617YM80 (1 : 0)和 140-1 号(1 : 0)处理的田间出苗率较 CK 减少外, 其余处理的田间出苗率均与 CK 相当或提高, 其中 140-1 号(1 : 1)处理的 L-1 和 BL 藜麦种子出苗率最高, 分别为 95.67%、97.83%, 比 CK 分别提高了 3.34、3.83 个百分点, 这 2 个处理与 T1617YM80(1 : 0)差异显著($P<0.05$), 与其余处理差异均不显著。

表 6 不同浓度种衣剂对藜麦田间出苗率的影响 %

种衣剂	浓度	L-1	BL
T1516YM64	1 : 0	93.00±5.29 ab	95.67±3.21 ab
	1 : 1	93.83±3.79 ab	96.50±3.46 ab
	1 : 2	92.50±5.29 ab	95.17±2.89 ab
T1617YM80	1 : 0	91.00±3.60 b	94.67±3.51 b
	1 : 1	93.83±3.79 ab	96.00±1.73 ab
	1 : 2	94.67±3.51 ab	95.17±2.89 ab
140-1 号	1 : 0	92.00±7.81 ab	95.67±2.08 ab
	1 : 1	95.67±4.04 a	97.83±2.52 a
	1 : 2	94.67±3.51 ab	95.00±2.00 ab
130-2 号	1 : 0	92.67±4.62 ab	95.00±2.00 ab
	1 : 1	93.33±3.06 ab	96.50±3.46 ab
	1 : 2	92.83±5.86 ab	95.67±4.04 ab
清水(CK)		92.33±4.04 ab	95.00±3.46 ab

2.3.2 幼苗生长 从表 7 可以看出, 与 CK 相比, 经 3 种不同浓度种衣剂处理过的 L-1 的田间幼苗

表 5 不同浓度种衣剂对盆栽白藜(BL)幼苗生长的影响

种衣剂	浓度	株高 /cm	根长 /cm	地上鲜重 /g	地下鲜重 /g	地上干重 /g	地下干重 /g
T1516YM64	1 : 0	16.03±0.25 defg	4.17±0.12 g	1.61±0.17 fgh	0.03±0.00 d	0.13±0.00 fgh	0.006±0.001 cde
	1 : 1	14.97±0.57 fghij	4.83±0.12 f	2.04±0.05 cd	0.05±0.02 bcd	0.17±0.03 bcde	0.008±0.001 abc
	1 : 2	15.80±0.36 defgh	6.20±0.46 ab	1.99±0.19 cd	0.06±0.01 bc	0.17±0.04 bcde	0.008±0.000 abc
	1 : 3	15.10±0.10 efghi	4.30±0.20 g	1.64±0.14 efgh	0.03±0.01 d	0.13±0.03 fgh	0.005±0.000 de
	1 : 4	13.60±0.35 jk	5.07±0.12 ef	1.28±0.19 ij	0.04±0.01 cd	0.10±0.01 h	0.005±0.001 de
T1617YM80	1 : 0	12.77±0.31 k	5.73±0.12 cd	1.62±0.11 fgh	0.06±0.01 bc	0.14±0.01 efg	0.009±0.002 ab
	1 : 1	17.83±0.35 ab	5.63±0.15 cd	2.27±0.26 bc	0.06±0.00 bc	0.19±0.00 abc	0.010±0.001 a
	1 : 2	17.10±0.56 abcd	4.87±0.15 f	2.23±0.21 bc	0.07±0.01 ab	0.20±0.01 ab	0.009±0.001 ab
	1 : 3	16.77±1.34 abcd	4.73±0.12 f	2.12±0.16 cd	0.05±0.01 bcd	0.19±0.01 abc	0.008±0.004 abc
	1 : 4	16.87±0.40 abcd	4.93±0.12 f	2.27±0.21 bc	0.05±0.00 bcd	0.19±0.01 abc	0.007±0.002 bcd
140-1 号	1 : 0	17.53±1.38 abc	3.97±0.15 g	1.92±0.11 de	0.04±0.02 cd	0.15±0.02 def	0.005±0.001 de
	1 : 1	18.00±1.73 a	6.30±0.26 a	2.88±0.16 a	0.04±0.01 cd	0.20±0.02 ab	0.006±0.002 cde
	1 : 2	12.30±0.56 k	4.83±0.15 f	2.08±0.19 cd	0.06±0.01 bc	0.18±0.01 abcd	0.009±0.001 ab
	1 : 3	14.70±0.62 ghij	5.83±0.19 bcd	1.62±0.16 fgh	0.05±0.02 bcd	0.13±0.00 fgh	0.005±0.002 de
130-2 号	1 : 4	12.57±0.25 k	4.80±0.21 f	1.56±0.12 ghi	0.03±0.01 d	0.11±0.00 gh	0.005±0.000 de
	1 : 0	12.40±0.66 k	4.83±0.15 f	1.47±0.15 hij	0.04±0.00 cd	0.11±0.01 gh	0.005±0.001 de
	1 : 1	16.50±1.32 bcde	4.87±0.15 f	1.54±0.10 ghi	0.07±0.02 ab	0.18±0.03 abcd	0.008±0.001 abc
	1 : 2	16.30±0.98 cdef	5.03±0.45 ef	1.83±0.15 defg	0.05±0.00 bcd	0.16±0.01 cdef	0.008±0.003 abc
清水(CK)	1 : 3	14.40±0.36 hij	5.93±0.21 abc	2.42±0.13 b	0.09±0.02 a	0.21±0.01 a	0.010±0.001 a
	1 : 4	15.80±0.30 defgh	5.40±0.53 de	1.86±0.06 def	0.05±0.01 bcd	0.14±0.02 efg	0.007±0.001 bcd
清水(CK)		14.10±0.36 ij	4.77±0.25 f	1.25±0.13 j	0.03±0.01 d	0.11±0.03 gh	0.005±0.001 de

表 7 不同浓度种衣剂对陇藜 1 号(L-1)田间幼苗生长的影响

种衣剂	浓度	株高 /cm	根长 /cm	地上鲜重 /g	地下鲜重 /g	地上干重 /g	地下干重 /g
T1516YM64	1 : 0	18.57±0.38 c	8.84±1.23 ab	18.41±0.40 cd	1.89±0.09 abc	4.01±0.09 abc	0.27±0.05 abc
	1 : 1	19.30±0.36 bc	7.99±0.68 b	19.78±1.06 abc	1.91±0.12 abc	3.96±0.05 bcd	0.31±0.01 abc
	1 : 2	18.25±0.75 c	8.86±0.90 ab	18.23±0.66 d	1.78±0.07 bc	3.85±0.13 cdef	0.22±0.03 bc
T1617YM80	1 : 0	20.44±0.51 ab	7.85±0.71 b	20.01±0.70 ab	2.01±0.12 a	4.11±0.10 ab	0.36±0.12 a
	1 : 1	18.97±0.81 c	9.15±0.63 ab	18.98±0.42 abcd	1.73±0.15 c	3.78±0.12 def	0.29±0.08 abc
	1 : 2	19.43±0.81 bc	8.45±0.35 ab	19.25±0.59 abcd	1.88±0.17 abc	3.86±0.03 cdef	0.26±0.03 abc
140-1 号	1 : 0	20.38±0.78 ab	9.46±0.46 a	19.89±1.04 ab	1.96±0.14 ab	4.10±0.10 ab	0.29±0.06 abc
	1 : 1	20.83±0.90 a	9.01±0.36 ab	20.21±0.93 a	1.91±0.12 abc	4.16±0.15 a	0.33±0.02 ab
	1 : 2	18.77±0.51 c	8.76±0.63 ab	18.56±0.50 bcd	1.81±0.12 abc	3.71±0.08 f	0.27±0.04 abc
130-2 号	1 : 0	18.89±0.68 c	8.74±0.50 ab	20.11±0.83 a	1.79±0.08 abc	4.16±0.02 a	0.21±0.01 c
	1 : 1	18.67±0.42 c	7.86±0.41 b	19.35±0.80 abcd	1.82±0.05 abc	3.87±0.05 cdef	0.23±0.05 bc
	1 : 2	19.16±0.57 bc	8.29±0.49 ab	19.72±0.85 abc	1.86±0.03 abc	3.93±0.12 bcde	0.20±0.01 c
清水(CK)		18.63±0.33 c	8.26±1.34 ab	18.96±0.40 abcd	1.82±0.13 abc	3.75±0.12 ef	0.24±0.02 bc

生长指标均有所不同。T1617YM80(1 : 2)和 140-1 号(1 : 0、1 : 1)处理下的 L-1 的所有生长指标均高于 CK, 其中, 140-1 号(1 : 1)处理的株高为 20.83 cm、地上鲜重为 20.21 g、地上干重为 4.16 g, 均达到最高, 140-1 号(1 : 0)处理的根长最长, 为 9.46 cm。地下鲜重、干重均以 T1617YM80(1 : 0)最重, 分别为 2.01、0.36 g。

从表 8 可以看出, T1516YM64 (1 : 1)、T1617YM80(1 : 1)和140-1 号(1 : 1、1 : 2)处理下的 BL 的所有生长指标均高于 CK, 其中, 140-1 号(1 : 1)处理的株高为 20.77 cm、地上鲜重为20.81 g、地上干重为 4.12 g, 均达到最高。140-1 号(1 : 2)处理的地下干重最重, 为 0.39 g; T1617YM80 (1 : 1)处理的地下鲜重最重, 为 2.17 g。130-2 号(1 : 2)处理的根长最长, 为 10.16 cm。

3 讨论与结论

种子包衣是实现种子质量标准化、精细播种、简化栽培管理以及促进农业增产增收等的重要手段^[20]。国外种衣剂的研究和应用较早, 早在 20 世纪 30 年代, 英国一家种子公司首次开发出用于旱田作物的种子包衣药剂, 并迅速推向市场^[21]。然而关于藜麦种子包衣的研究目前还鲜有报道。毋玲玲等^[22]研究表明, 藜麦种子丸粒化不但可以有效防治虫害, 还可以促进种子发芽, 且丸粒化加药处理的种子出苗率较未加药处理的种子出苗率高。高贤良^[23]研究表明, 不同种类及浓度包衣剂对藜麦种子发芽和幼苗生长发育均有影响, 且包衣为毒死蜱 + 啉菌酯、最佳浓度为 1 : 30 时, 藜麦种子的发芽率、发芽势、出苗以及藜麦幼苗生长发育的效果最好。崔洪旭^[11]研究表明, 大豆粉

和硅藻土按照 3 : 7 的比例调配出的包衣剂最适合藜麦种子。朱雪峰^[24]研究表明, 含有木霉菌剂的微生物种衣剂增产效果最好, 可以提高藜麦的田间出苗率, 促进藜麦的植株的生长, 使藜麦增高变粗、鲜重的增加。这些结果都说明种子处理利用微生物种衣剂或种子丸粒化技术均会不同程度促进作物种子发芽、出苗和幼苗生长等过程, 且不同处理方式的组合和剂量优化对于种子生长的促进作用具有不同的影响。这为藜麦种植提供了有力的技术支持, 能够在提高作物产量和抗逆性方面发挥重要作用。

本研究发现, 在室内种子萌发试验中, 除 8.0%克百威悬浮剂外, 其他 3 种不同浓度梯度种衣剂对陇藜 1 号和白藜的发芽率、发芽势均高于对照清水浸种。说明种衣剂对种子的萌发有一定的促进作用。此外, 种衣剂处理提高了陇藜 1 号和白藜的出苗率与幼苗生长, 且以 5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比1 : 1处理效果最佳。在盆栽试验中, 该处理的陇藜 1 号和白藜的出苗率和幼苗生长指标表现最佳, 除 8.0%克百威悬浮剂与水按体积比1 : 4处理以外, 所有处理的白藜出苗率均高于对照清水浸种, 但对于陇藜 1 号而言, 并不是所有种衣剂处理过的出苗率都高于对照清水浸种。此外, 除个别种衣剂浓度以外, 其余种衣剂处理的藜麦株高、地上鲜重及干重均高于对照清水浸种。田间试验也显示, 5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比1 : 1处理对两种藜麦的株高、地上鲜重和干重等均有显著促进作用。但与盆栽试验不同的是, 在田间试验中, 除 8.0%克百威悬浮剂与水按体积比1 : 0和 5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积

表 8 不同浓度种衣剂对白藜(BL)田间幼苗生长的影响

种衣剂	浓度	株高 /cm	根长 /cm	地上鲜重 /g	地下鲜重 /g	地上干重 /g	地下干重 /g
T1516YM64	1 : 0	18.77±0.26 c	8.63±0.16 bcd	19.31±1.22 bcde	1.96±0.10 b	3.35±0.10 bcd	0.30±0.02 bcd
	1 : 1	19.97±0.47 abc	8.97±0.05 b	19.86±0.49 abcd	1.95±0.13 b	3.61±0.10 abcd	0.28±0.00
	1 : 2	18.72±0.11 c	8.56±0.20 cd	18.96±0.87 cde	1.84±0.08 b	3.29±0.05 bcd	0.21±0.01 e
T1617YM80	1 : 0	19.85±0.18 abc	9.88±0.29 a	20.19±0.93 abc	1.82±0.13 b	3.85±0.82 ab	0.25±0.06 cde
	1 : 1	20.56±1.10 ab	9.97±0.15 a	20.68±0.39 ab	2.17±0.15 a	4.03±0.24 a	0.37±0.06 ab
	1 : 2	19.42±1.07 abc	8.87±0.26 bc	19.62±1.19 abcd	1.79±0.09 b	3.69±0.17 abcd	0.29±0.01 cde
140-1号	1 : 0	19.31±0.78 bc	8.69±0.19 bcd	18.87±1.23 cde	1.96±0.14 b	3.21±0.09 cd	0.32±0.02 abc
	1 : 1	20.77±1.32 a	9.95±0.03 a	20.81±0.62 a	1.87±0.15 b	4.12±0.06 a	0.28±0.03 cde
	1 : 2	19.87±0.32 abc	8.85±0.25 bc	19.85±0.25 abcd	1.91±0.10 b	3.75±0.15 abc	0.39±0.06 a
130-2号	1 : 0	18.89±1.08 c	8.41±0.10 d	17.95±0.30 e	1.79±0.10 b	3.25±0.20 cd	0.24±0.04 cde
	1 : 1	19.95±0.23 abc	9.84±0.23 a	18.64±0.82 de	1.81±0.13 b	3.17±0.15 d	0.25±0.06 cde
	1 : 2	19.67±0.21 abc	10.16±0.34 a	18.96±0.36 cde	1.86±0.08 b	3.71±0.48 abcd	0.23±0.07 de
清水(CK)		19.06±0.55 c	8.55±0.13 cd	18.74±0.40 cde	1.85±0.09 b	3.59±0.12 abcd	0.26±0.01

比1:0处理的田间出苗率较对照清水浸种减少外,其余处理的田间出苗率均与对照清水浸种相当或提高,其中5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比1:1处理的陇藜1号和白藜藜麦种子出苗率最高。分别比对照清水浸种分别提高了3.34、3.83个百分点。造成这种情况的原因可能是由于盆栽和田间试验所处的环境不同,且土壤条件等也存在较大差异,因此会造成试验结果的不同。

综上所述,除8.0%克百威悬浮剂外,其他3种不同浓度梯度种衣剂对陇藜1号和白藜的发芽率、发芽势均高于对照清水浸种。在盆栽、大田试验中,种衣剂5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比1:1处理下的藜麦出苗率均最高,其中陇藜1号和白藜的盆栽出苗率分别为73.33%、91.33%,大田出苗率分别为95.67%、97.83%。可见,种衣剂5.0%吡虫啉悬浮剂与水按体积比1:1浓度对陇藜1号和白藜的发芽、出苗及幼苗生长效果最好,可用来对藜麦种子进行包衣,促进藜麦种子萌发、幼苗生长及有效防治藜麦早期虫害。

参考文献:

- [1] 李美凤,刘雨诗,王丽姣,等.不同产地藜麦籽氨基酸组成及其营养价值评价[J].食品工业科技,2019,40(18):289-292.
- [2] 王黎明,马宁,李颂,等.藜麦的营养价值及其应用前景[J].食品工业科技,2014,35(1):381-384.
- [3] 顾炯,黄杰,魏玉明,等.藜麦研究进展及发展前景[J].中国农学通报,2015,31(30):201-204.
- [4] CAO H, SUN R, SHI J, et al. Effect of ultrasonic on the structure and quality characteristics of quinoa protein oxidation aggregates[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2021, 77: 105685.
- [5] DINI I, TENORE G, DINI A. Nutritional and antinutritional composition of Kancolla seed: an interesting and underexploited andine food plant[J]. Food Chemistry, 2005, 92(1): 125-132.
- [6] ABUGOCH L E, ROMERO N, TAPIA C A, et al. Study of some physicochemical and functional properties of quinoa (*chenopodium quinoa* willd) protein isolates[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2008, 56(12): 4745-4750.
- [7] PATHAN S, SIDDIQUI R A. Nutritional Composition and Bioactive Components in Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Greens: A Review[J]. Nutrients, 2022, 14(3): 558.
- [8] 杨钊,黄杰,魏玉明,等.不同地区主栽藜麦品种品质分析与评价[J].寒旱农业科学,2024,3(7):605-610.
- [9] ZHU X, LIU W, WANG B, et al. Molecular and physiological responses of two quinoa genotypes to drought stress[J]. Frontiers in Genetics, 2024, 15: 1439046.
- [10] 丁德志,雷成军,王耀,等.不同藜麦品种(系)在寒旱山区的种植表现[J].寒旱农业科学,2023,2(4):323-325.
- [11] 崔洪旭.藜麦种子丸粒化包衣工艺参数优选与试验研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2020.
- [12] 齐麟,王昱翔,王宁,等.40%噻虫嗪·吡啶醚菌酯悬浮种衣剂成膜及生物学特性[J].中国农业科学,2017,50(9):1624-1634.
- [13] 郑学强,宋文坚,庄义庆,等.种衣剂的研究现状及展望[J].浙江农业科学,2004(1):49.
- [14] 崔晨威.小麦种子处理技术现状与发展趋势分析[J].种子科技,2024,42(4):26-28.
- [15] 郭宁,马红霞,张海剑,等.微生物种衣剂的研制及其对玉米茎腐病的防效评价[J].中国生物防治学报,2024,40(5):1054-1065.
- [16] 赵安艳,冯娟.水稻种衣剂筛选研究[J].耕作与栽培,2024,44(5):68-72.
- [17] 王军,扎黑古丽,王秀梅.棉花种衣剂田间小区试验[J].农业开发与装备,2020(4):123-124.
- [18] 张繁,张海清.种子包衣技术研究现状及展望[J].作物研究,2007(S1):531-535.
- [19] 朱雪峰,孙玉,王生萍,等.微生物种衣剂对藜麦产量及生长发育的影响[J].高原农业,2020,4(6):551-557.
- [20] 熊远福,文祝友,江巨鳌,等.农作物种衣剂研究进展[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2004(2):187-192.
- [21] 王雪,卢宝慧,杨丽娜,等.我国玉米种衣剂应用现状与发展趋势[J].玉米科学,2021,29(3):63-69.
- [22] 毋玲玲,王玉红,张兆萍,等.藜麦种子丸粒化最适倍数筛选[J].安徽农业科学,2023,51(13):182-185.
- [23] 高贤良.菜用藜麦品种筛选及栽培技术研究[D].邯郸:河北工程大学,2020.
- [24] 朱雪峰.藜麦种子内生菌及微生物种衣剂对其增产效应的研究[D].拉萨:西藏大学,2020.