

DOI:10.16861/j.cnki.zggc.2025.0137

种植密度与原原种的大小对马铃薯种薯生产的影响

王海艳,王立春,田国奎,李凤云,潘 阳,庞 泽,郝智勇

(黑龙江省农业科学院克山分院·农业农村部马铃薯生物学与遗传育种重点实验室·黑龙江省马铃薯种质资源与改良工程技术中心 黑龙江齐齐哈尔 161005)

摘要:为了研究马铃薯不同试管苗种植密度对原原种的数量和产量的影响,以及原原种不同块茎大小对发芽质量、数量、产量的影响,本试验以克新23号试管苗为试验材料,设置了不同的试管苗种植密度,分别为每盒6、12、18、24、30、36株,收获后分别统计各处理中不同分级的块茎数量和质量。将分级的原原种设为5个处理,T1(单薯质量<2 g)、T2(2 g≤单薯质量<5 g)、T3(5 g≤单薯质量<10 g)、T4(10 g≤单薯质量<20 g)、T5(单薯质量≥20 g),当块茎解除休眠后,记录块茎的芽数、芽长和芽直径变化。将5个处理的原原种块茎继续栽种,收获后分级,统计马铃薯块茎的数量和质量。研究表明,总薯质量随试管苗种植密度增加呈先增加后下降的趋势。种植密度为24株·盒⁻¹时,结薯总数最多,总薯质量最大。而单株结薯数、单株有效结薯数及相应质量均随种植密度的增加而减少。单薯质量≥20 g的原原种,其芽数、芽长度、芽直径均大于其他块茎。原原种块茎越大,总薯质量和有效薯质量越大。综上,试管苗种植密度为24株·盒⁻¹时,原原种结薯总数、总薯质量最多,有效薯数量及质量比例也均最多,分别为94.35%、99.78%。单薯质量≥20 g的原原种出芽数多、芽长较长而且比较粗壮。以单薯质量≥20 g的原原种进行整薯播种时,收获的原种的结薯总数、总薯质量最大,单薯质量≥20 g的原种数量及质量比例最多,分别为32.93%、67.86%,产生的无效薯数最少。

关键词:马铃薯;密度;原原种;种薯生产

中图分类号:S532

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2026)02-205-08

Effects of planting density and pre-basic seed size on seed potato production

WANG Haiyan, WANG Lichun, TIAN Guokui, LI Fengyun, PAN Yang, PANG Ze, HAO Zhiyong

(Keshan Branch of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences/Potato Biology and Genetics Key Laboratory of Ministry of Agriculture and Rural Affairs/Heilongjiang Potato Germplasm Resources and Genetic Improvement Engineering Technology Center, Qiqihar 161005, Heilongjiang, China)

Abstract: In order to investigate the effects of different planting densities of potato test tube seedlings on the quantity and yield of pre-basic seeds, as well as the effects of different tuber sizes of pre-basic seeds on germination quality, original seeds quantity and yield. This experiment used Kexin 23 test tube seedlings as the experimental material, with different planting densities of 6, 12, 18, 24, 30, and 36 seedlings per box. After harvest, the number and mass of tubers at different grades in each treatment were counted and measured respectively. The graded pre-basic seeds were divided into five treatments, namely T1(single potato mass<2 g), T2(2 g≤single potato mass<5 g), T3(5 g≤single potato mass<10 g), T4(10 g≤single potato mass<20 g), T5(single potato mass≥20 g). After the tubers were released from dormancy, changes in the number, length, and diameter of buds were recorded. The five processed pre-basic seed tubers were continued to be planted, graded after harvest, and the quantity and mass of potato tubers were counted. The research results indicated that the total potato mass increased first and then decreased with the increase of test tube seedling planting density. When the planting density was 24 plants per box, the number of potato produced was the highest and the total mass of potato

收稿日期:2025-02-26;修回日期:2025-10-29

基金项目:国家马铃薯产业技术体系齐齐哈尔综合试验站(CARS-09-ES37);黑龙江省“揭榜挂帅”科技攻关项目(2022ZXJ06B02-02a,2022ZXJ06B01-03);黑龙江省农业科技创新跨越工程项目(CX23GG02);黑龙江省农业科技创新跨越工程农业科技基础创新优青项目(CX22YQ30);黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF2024-1-C003);黑龙江省农业科技创新跨越工程项目(CX23YQ12);齐齐哈尔市科技计划联合引导项目(LNYGG-2024005)

作者简介:王海艳,女,助理研究员,研究方向为马铃薯遗传育种及加工马铃薯品质。E-mail:shuangyu_1986@126.com

通信作者:王立春,男,研究员,研究方向为马铃薯遗传育种。E-mail:potato2008@126.com

was the maximum. The number of tuber per plant, the effective number of tuber per plant, and the corresponding mass all decrease with increasing planting density. The number, length, and diameter of buds of the pre-basic seed with single tuber mass of ≥ 20 g were larger than those of other tubers. The larger the pre-basic seed tuber, the greater the total tuber mass and effective tuber mass. In summary, when the planting density of test tube seedlings was 24 plants per box, the total number of tuber and total tuber mass of the pre-basic seeds were the highest, and the number and mass ratio of effective tuber were also the highest, at 94.35% and 99.78%, respectively. The pre-basic seed with single potato mass of ≥ 20 g had a higher number of bud, longer and thicker bud. When sowing whole potato using the pre-basic seeds with single potato mass of ≥ 20 g, the total number and total potato mass of the harvested original seeds were the highest. The number and mass ratio of original seeds with single potato mass ≥ 20 g were the highest, accounting for 32.93% and 67.86%, respectively, and the least number of ineffective potato were produced.

Key words: Potato; Density; Pre-basic seed; Seed potato production

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)属茄科一年生作物,不仅产量高,而且营养丰富,适应性也强^[1],是调整农业结构的重要替代作物,在保障粮食安全方面具有重要的作用。马铃薯块茎无性繁殖会因积累病毒而产生退化现象^[2],因此生产上多使用脱毒的试管苗繁殖原原种,再利用原原种繁育原种,进一步繁育合格种薯,从而保障各级种薯的质量。种植密度与产量密切相关,通过调节种植密度可以对马铃薯结薯的数量及大小进行调控^[3]。合理增加种植密度是马铃薯生产中的重要技术环节。原原种在收获后经过休眠才能发芽,而不同大小的块茎发芽质量不同^[4]。与切块种植相比,整薯播种能够减少病害的传播,而且在干旱条件下能缓解干旱对出苗的影响,出苗也更整齐^[5]。种薯播种密度和大小对马铃薯的产量和数量均有影响^[6-7]。本研究以克新23号试管苗为试验材料,研究了不同种植密度对原原种的数量和质量的影响,同时也研究了原原种整薯播种不同块茎大小对发芽质量和原种数量、质量的影响,旨在通过试管苗种植密度来调控块茎的大小,提高产量,并明确利用原原种不同大小的块茎进行原种繁育的差异,以期指导马铃薯原种生产。

1 材料与方法

1.1 材料

克新23号为浅红皮黄肉马铃薯品种,由黑龙江省农业科学院克山分院选育。脱毒试管苗为黑龙江省农业科学院克山分院保存的马铃薯茎尖脱毒试管苗。

1.2 试验设计

试验于2023年5月至2024年10月在黑龙江省农业科学院克山分院网棚内进行。2023年进行试管苗种植密度筛选试验。将克新23号试管苗移栽至装有蚯蚓粪的方形盒子(0.45 m×0.45 m)内。

设A、B、C、D、E、F共6个处理,密度分别为每盒6、12、18、24、30、36株。每个处理3次重复。

2023年收获后参照饶莉萍等^[8]的方法,并进行了改进,对马铃薯进行分级,并将分级的原原种设为5个处理,T1(单薯质量<2 g)、T2(2 g≤单薯质量<5 g)、T3(5 g≤单薯质量<10 g)、T4(10 g≤单薯质量<20 g)、T5(单薯质量≥20 g)。每个处理选择50粒放于室内散射光条件下,温度为22℃,定期观察块茎发芽情况。

2024年5月将5个处理的原原种块茎继续栽种在装有蚯蚓粪的方形盒子内(0.45 m×0.45 m),整薯播种,每盒播种16粒,每个处理3次重复。现蕾期对出苗株数进行统计。

1.3 栽培管理

试管苗种植密度筛选试验:取相同苗龄的试管苗,2023年5月23日温室炼苗,5月27日网棚进行喷灌,喷透水后,于5月29日进行试管苗的移栽。移栽后覆盖遮阳网,并喷灌1次。1周后撤去遮阳网,生育期间进行常规栽培管理。收获前1周停止浇水,于9月30日进行收获。

播种块茎大小对种薯生产影响试验:2024年5月9日将分级的原原种整薯播种于方形盒子内,出芽均保留,进行常规的栽培管理,于9月2日进行收获。

1.4 测定指标

试管苗种植试验:马铃薯分级标准参照饶莉萍等^[8]的方法,并进行了改进。收获时统计各处理每盒结薯总数(粒·盒⁻¹)、有效薯数(粒·盒⁻¹)、总薯质量(g·盒⁻¹)、有效薯质量(g·盒⁻¹),统计各级别马铃薯块茎的数量和质量、单株结薯数、单株有效结薯数、单株结薯质量、单株有效结薯质量、有效薯数比例、有效薯质量比例、分级薯数比例、分级薯质量比例。

发芽效果试验:从原原种块茎解除休眠后

(80%以上块茎的芽长超过2 mm)开始,分别记录10、20、30、40 d块茎的芽数(个)、芽长(cm)和芽直径(mm)变化。

原原种块茎大小对原种生长影响试验:现蕾期统计出苗率,收获后分级标准及测定指标同试管苗种植试验。

相关公式:

$$\text{有效薯数}=\text{单薯质量}\geq 2 \text{ g 的块茎数量}; \quad (1)$$

$$\text{单株结薯数}=\text{结薯总数}/\text{成苗株数}; \quad (2)$$

$$\text{单株有效结薯数}=\geq 2 \text{ g 块茎数量}/\text{成苗株数}; \quad (3)$$

$$\text{有效薯数比例}/\%=\text{有效薯数}/\text{结薯总数}\times 100; \quad (4)$$

$$\text{有效薯质量比例}/\%=\text{有效薯质量}/\text{总薯质量}\times 100; \quad (5)$$

$$\text{分级薯数比例}/\%=\text{所在级别薯数}/\text{结薯总数}\times 100; \quad (6)$$

$$\text{分级薯质量比例}/\%=\text{所在级别薯质量}/\text{总薯质量}\times 100; \quad (7)$$

$$\text{出苗率}/\%=\text{成苗株数}/\text{种植块茎数}\times 100。 \quad (8)$$

质量用电子天平进行测量,单位为g;芽长用直尺进行测量,单位为cm;直径用游标卡尺测量,单

位为mm。

1.5 数据分析

采用Excel 2016软件和SPSS 26.0软件进行数据处理与统计分析。

2 结果与分析

2.1 试管苗种植密度筛选试验

2.1.1 种植密度对原原种结薯数量的影响 从表1可以看出,试管苗种植密度对原原种的结薯数量是有影响的,随着种植密度的增加,结薯总数和有效薯数整体上均呈先增加后下降趋势。D处理结薯总数和有效薯数均最多,分别为88.67、83.67粒·盒⁻¹,均显著高于其他处理。D处理有效薯数较A、B、C、E、F分别显著增加51.67、39.67、27.34、20.00、25.34粒·盒⁻¹。A、B、D处理有效薯数比例均在90%以上,三者差异不显著;C、E、F处理有效薯数比例均在90%以下,处理间差异不显著。从单株结薯数和单株有效结薯数来看,随着种植密度的增加,二者整体上均呈下降趋势。因此,本试验水平下,适当增加试管苗种植密度,可以提高原原种结薯总数和有效薯数,但单株结薯数和单株有效结薯数在种植密度较低时较高。

表1 不同种植密度对原原种结薯数量的影响

Table 1 Effects of different planting density on the number of pre-basic seed potato

处理 Treatment	结薯总数/(粒·盒 ⁻¹) Number of potato/ (Grains·box ⁻¹)	有效薯数/(粒·盒 ⁻¹) Number of effective potato/(Grains·box ⁻¹)	有效薯数比例 Proportion of effective potato quantity/%	单株结薯数 Number of tubers per plant	单株有效结薯数 Number of effective potato per plant
A	33.00±2.08 d	32.00±2.08 d	96.94±0.20 a	5.50±0.35 a	5.33±0.35 a
B	49.00±5.20 c	44.00±2.65 cd	90.75±4.72 a	4.08±0.43 b	3.67±0.22 b
C	63.00±3.79 b	56.33±2.40 bc	89.61±1.74 ab	3.50±0.21 b	3.13±0.13 b
D	88.67±0.33 a	83.67±1.33 a	94.35±1.15 a	3.69±0.01 b	3.49±0.05 b
E	72.00±4.62 b	63.67±3.84 b	88.56±3.13 ab	2.40±0.16 c	2.12±0.13 c
F	72.33±6.17 b	58.33±8.01 b	80.05±6.09 b	2.01±0.17 c	1.62±0.22 c

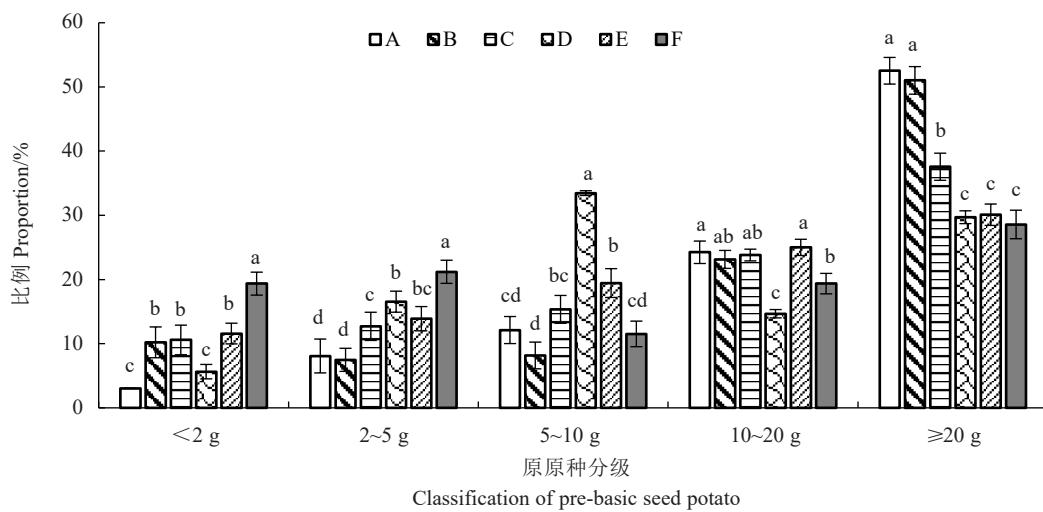
注:同列数据后不同小写字母表示不同处理在0.05水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference between different treatments at 0.05 level. The same below.

2.1.2 种植密度对原原种分级薯数比例的影响 从图1可以看出,不同处理各级别原原种所占比例不同。随着试管苗种植密度的增加,单薯质量≥20 g的薯块数量所占比例整体上逐渐减小,单薯质量<20 g的薯块数量所占比例增大。其中F处理单薯质量<2 g的无效薯数量所占比例最大,其次是E、C、B处理,A和D处理无效薯数量所占比例最小,因此种植密度大小可以调控无效薯的数量,适宜的种植密度,可减少无效薯的数量

2.1.3 种植密度对原原种薯质量的影响 从表2

可以看出,试管苗种植密度对原原种薯的质量有一定的影响。随着种植密度的增加,原原种总薯质量及有效薯质量整体上均呈先增加后降低趋势。D处理总薯质量最高,为1 704.17 g·盒⁻¹,较A、B、C、E、F处理分别提高了39.32%、35.79%、28.59%、21.64%、53.76%,与A、B、C、E处理差异均不显著,但显著高于F处理。D处理有效薯质量也最高,为1 700.27 g·盒⁻¹,较A、B、C、E、F处理分别提高了39.15%、36.20%、29.07%、22.20%、55.76%,且显著高于F处理。各处理有效薯质量比例均在98%以上,



注:不同小写字母表示同一级别的不同处理间差异显著($P<0.05$)。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference ($P<0.05$) among different treatments at the same level. The same below.

图1 不同种植密度对原原种分级薯数比例的影响

Fig. 1 Effects of different planting density on the quantity proportion of pre-basic seed graded potato

表2 不同种植密度对原原种薯质量的影响

Table 2 Effects of different planting density on the mass of pre-basic seed potato

处理 Treatment	总薯质量/(g·盒 ⁻¹) Mass of potato/ (g·box ⁻¹)	有效薯质量/(g·盒 ⁻¹) Mass of effective potato/(g·box ⁻¹)	有效薯质量比例 Proportion of effective potato mass/%	单株结薯质量 Mass of tubers per plant/g	单株有效结薯质量 Mass of effective potato per plant/g
A	1 223.23±43.71 ab	1 221.87±44.04 ab	99.89±0.03 a	203.87±7.29 a	203.64±7.34 a
B	1 255.00±268.24 ab	1 248.37±266.33 ab	99.48±0.28 a	104.58±22.35 b	104.03±22.19 b
C	1 325.23±38.80 ab	1 317.30±38.90 ab	99.40±0.10 a	73.62±2.16 c	73.18±2.16 c
D	1 704.17±78.98 a	1 700.27±77.95 a	99.78±0.05 a	71.01±3.29 c	70.84±3.25 c
E	1 400.97±204.16 ab	1 391.37±202.53 ab	99.32±0.19 a	46.70±6.81 cd	46.38±6.75 cd
F	1 108.30±87.86 b	1 091.57±89.78 b	98.44±0.57 b	30.79±2.44 d	30.32±2.49 d

F 处理最低, 显著低于其他处理。从单株结薯质量和单株有效结薯质量上看, 随着试管苗种植密度的增加, 二者均呈下降趋势。因此, 本试验水平下, 随着试管苗种植密度的增加, 单株结薯质量和单株有效结薯质量随之减少, 但在适宜的种植密度下(D 处理), 总薯质量和有效薯质量均最大, 继续增加种植密度, 两者均下降。

2.1.4 种植密度对原原种分级薯质量比例的影响 从图2可以看出, 不同处理各级别原原种所占质量比例不同。其中单薯质量≥20 g 的薯块质量比例最大, 均在 74%以上, 随着试管苗种植密度的增加, 单薯质量≥20 g 的薯块质量比例整体呈下降趋势, 单薯质量<2 g 的薯块总质量比例整体上呈增加趋势。其中 A 和 D 处理单薯质量<2 g 的无效薯质量比例最小, 其次是 B、C、E 处理, 处理 F 无效薯的比例相对较大。

2.2 发芽效果试验

2.2.1 原原种块茎大小对芽数的影响 由表3可知, 马铃薯块茎芽数与块茎大小有关。在不同的时期, 变化规律基本相同, 整体上为块茎越大, 出芽数越多。解除休眠 10 d 时, T1 和 T2 每个块茎仅有 2.67 个芽, T3 每个块茎有 3.00 个芽, T4 和 T5 每个块茎分别有 5.67、6.00 个芽, 均显著高于 T1、T2、T3。解除休眠 40 d 时, T3、T4、T5 的出芽数较多, T5 最多, 为 8.33 个, 三者间无显著差异, T1 和 T2 出芽数较少, T1 为 3.67 个, T2 为 4.00 个。

2.2.2 原原种块茎大小对芽长的影响 由表4可知, 芽长也受原原种块茎大小的影响。不同大小块茎对芽长的影响不同时期均表现为 T5>T4>T1>T2 和 T3。解除休眠 10 d 时, T5 的芽长为 1.00 cm, 较 T1、T2、T3、T4 分别显著增加了 0.53、0.63、0.60、0.40 cm。解除休眠 40 d 时, T5 的芽长为 1.73 cm,

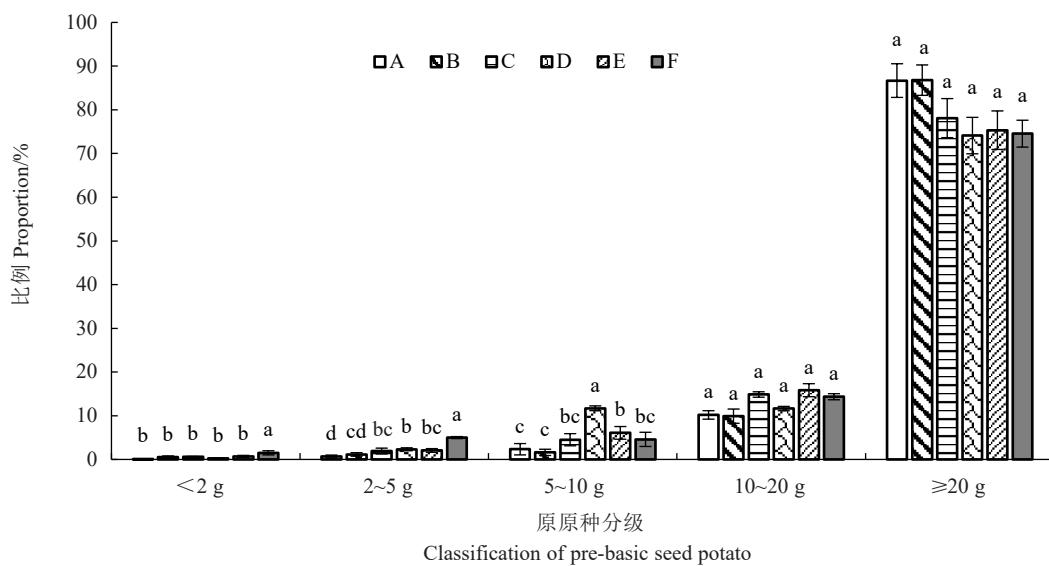


图 2 不同种植密度对原原种分级薯质量比例的影响

Fig. 2 Effects of different planting density on the mass ratio of pre-basic seed graded potato

表 3 原原种不同块茎大小对芽数的影响

Table 3 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on bud number

处理 Treatment	解除休眠时间 Breaking dormancy period/d			
	10	20	30	40
T1	2.67±0.33 b	3.00±0.38 b	3.67±0.58 b	3.67±0.48 b
T2	2.67±0.33 b	3.67±0.48 b	4.00±0.38 b	4.00±0.50 b
T3	3.00±0.10 b	6.67±0.59 ab	6.67±0.33 a	8.00±0.62 a
T4	5.67±0.88 a	6.67±0.54 ab	6.67±0.28 a	7.67±0.45 a
T5	6.00±0.45 a	7.33±0.50 a	7.67±0.37 a	8.33±0.47 a

表 4 原原种不同块茎大小对芽长的影响

Table 4 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on bud length cm

处理 Treatment	解除休眠时间 Breaking dormancy period/d			
	10	20	30	40
T1	0.47±0.03 bc	0.77±0.21 b	0.80±0.06 b	0.90±0.20 bc
T2	0.37±0.07 c	0.53±0.23 b	0.73±0.12 b	0.77±0.09 c
T3	0.40±0.06 bc	0.53±0.12 b	0.63±0.07 b	0.80±0.06 c
T4	0.60±0.06 b	0.80±0.20 b	1.07±0.07 ab	1.33±0.09 ab
T5	1.00±0.10 a	1.33±0.21 a	1.60±0.32 a	1.73±0.26 a

较 T1、T2、T3 分别显著增加了 0.83、0.96、0.93 cm。这说明, 马铃薯块茎越大, 芽的长度越长, 而且芽的生长速度越快。

2.2.3 原原种块茎大小对芽直径的影响 由表 5 可知, 不同块茎大小对芽直径的影响不同时期均表现为 T5>T4>T3>T2>T1, 说明块茎越大, 芽越粗壮。解除休眠 10 d 时, T5 的芽直径为 5.70 mm, 较 T1、T2、T3、T4 分别显著增加了 4.36、4.01、3.50、

表 5 原原种不同块茎大小对芽直径的影响

Table 5 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on bud diameter mm

处理 Treatment	解除休眠时间 Breaking dormancy period/d			
	10	20	30	40
T1	1.34±0.08 c	1.64±0.07 d	1.98±0.02 c	2.18±0.16 c
T2	1.69±0.07 c	2.10±0.19 cd	2.37±0.34 c	2.70±0.32 c
T3	2.20±0.18 c	2.88±0.14 c	2.97±0.14 c	3.10±0.16 c
T4	3.20±0.12 b	4.17±0.22 b	4.58±0.36 b	4.99±0.08 b
T5	5.70±0.27 a	5.95±0.25 a	7.10±0.35 a	7.32±0.54 a

2.50 mm。解除休眠 40 d 时, T5 的芽直径为 7.32 mm, 较 T1、T2、T3、T4 分别显著增加了 5.14、4.62、4.22、2.33 mm。

综上, T1 的芽长虽然长于 T2 和 T3, 但是芽比较纤细, 不如 T2 和 T3 粗壮。而且 T1 在解除休眠 30 d 时, 块茎由于失水出现皱缩、萎蔫现象, 而其余处理块茎芽生长比较健壮, 而且块茎没有出现萎蔫现象。解除休眠 40 d 时, T4 和 T5 的芽数、芽长、芽直径性状均优于 T1。因此 2 g 以下的小薯作为种薯, 因为失水, 活力下降, 出芽质量不高, 对幼苗生长会产生不利的影响。

2.3 原原种块茎大小对原种生产的影响

2.3.1 原原种块茎大小对原种结薯数量的影响 由表 6 可知, T1 的出苗率最低, 为 79.17%, 其余 4 个处理出苗率均在 90% 以上, 说明块茎大小对出苗是有影响的。T5、T4、T3、T2 的结薯总数均显著高于 T1, 分别较 T1 显著增加了 23.67、14.33、19.00、13.67 粒·盒⁻¹。T5、T4、T3、T2 的有效薯数均显著

表 6 原原种不同块茎大小对原种结薯数量的影响

Table 6 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on the number of original seed potato

处理 Treatment	出苗率 Emergence rate/%	结薯总数/(粒·盒 ⁻¹) Number of potato/ (Grains·box ⁻¹)	有效薯数/(粒·盒 ⁻¹) Number of effective potato/(Grains·box ⁻¹)	有效薯数比例 Proportion of effective potato quantity/%	单株结薯数 Number of tubers per plant	单株有效结薯数 Number of effective potato per plant
T1	79.17 b	31.00±3.51 b	26.67±3.84 b	85.32 a	2.48±0.23 b	2.12±0.23 b
T2	97.92 a	44.67±0.88 a	40.33±0.88 a	90.33 a	2.85±0.02 ab	2.58±0.07 ab
T3	97.92 a	50.00±1.53 a	43.33±1.86 a	86.66 a	3.19±0.03 ab	2.77±0.09 a
T4	91.67 a	45.33±6.06 a	38.33±4.06 a	85.20 a	3.07±0.30 ab	2.60±0.20 ab
T5	97.92 a	54.67±4.91 a	48.33±5.24 a	88.16 a	3.50±0.32 a	3.09±0.33 a

于 T1, 较 T1 分别显著增加了 21.66、11.66、16.66、13.66 粒·盒⁻¹。有效薯数比例 T2 最高, 为 90.33%, 其余处理均在 85%~90% 之间, 处理间差异均不显著。T5 单株结薯数最多, 较 T1 显著提高了 41.13%。T5 单株有效结薯数也最多, 较 T1 显著提高了 45.75%。因此, 单薯质量≥20 g 原原种整薯播

种时, 出苗情况好, 结薯总数最多, 而且单株结薯数及单株有效结薯数也最多。

2.3.2 原原种块茎大小对原种分级薯数比例的影响 由图 3 可知, 不同块茎大小对原种分级薯数的比例影响不同。块茎越大, 产生的单薯质量≥10 g 的薯块越多, 其中 T3 和 T4 数量比例均接近 50%,

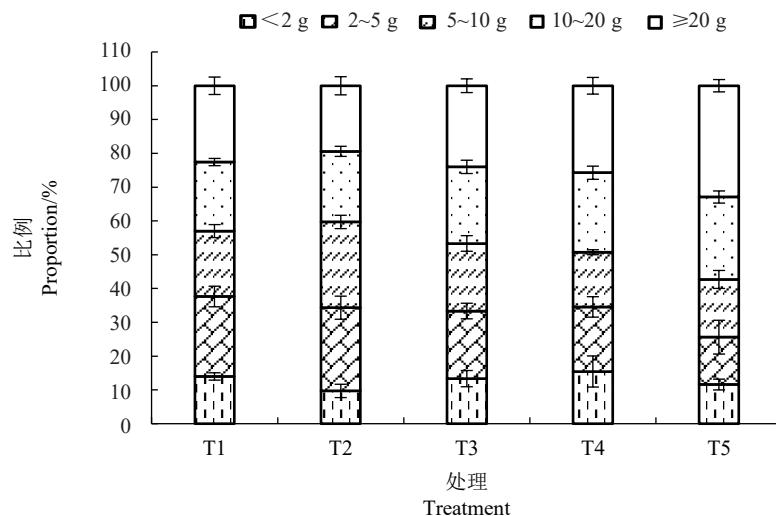


图 3 原原种不同块茎大小对原种分级薯数比例的影响

Fig. 3 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on the quantity proportion of original seed graded potato

T5 产生的单薯质量≥10 g 的薯块比例最高, 为 57.32%。单薯质量≥20 g 的薯块数量比例为 32.93%, 高于其他处理。而 T2 产生的 2 g≤单薯质量<10 g 的薯块数量比例较大, T1 和 T4 产生的无

效薯数量比例较大。

2.3.3 原原种块茎大小对原种薯质量的影响 由表 7 可知, 种植的原原种块茎越大, 原种总薯质量及有效薯质量越大。T5 总薯质量较 T4、T3、T2、T1

表 7 原原种不同块茎大小对原种薯质量的影响

Table 7 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on the mass of original seed potato

处理 Treatment	总薯质量 Mass of potato/ (g·box ⁻¹)	有效薯质量 Mass of effective potato/(g·box ⁻¹)	有效薯质量比例 Proportion of effective potato mass/%	单株结薯质量 Mass of tubers per plant/g	单株有效结薯质量 Mass of effective potato per plant/g
T1	433.27±45.46 b	426.70±46.13 b	98.41±0.46 ab	34.56±1.90 b	34.01±1.94 b
T2	626.13±64.04 b	619.83±66.56 b	98.99±0.31 ab	39.90±3.82 b	39.50±3.82 b
T3	631.20±54.61 b	622.00±53.15 b	98.56±0.24 ab	40.43±4.16 b	39.84±4.07 b
T4	662.73±101.02 b	649.73±100.04 b	98.01±0.46 b	45.51±7.85 ab	44.63±7.81 ab
T5	961.50±102.24 a	954.43±103.93 a	99.21±0.25 a	61.25±5.74 a	60.80±5.85 a

分别显著增加了 $301.77\text{--}333.30\text{--}338.37\text{--}531.23\text{ g}\cdot\text{盒}^{-1}$ 。T5 有效薯质量较 T4、T3、T2、T1 分别显著增加了 $304.70\text{--}332.43\text{--}334.60\text{--}527.73\text{ g}\cdot\text{盒}^{-1}$ 。各处理有效薯质量比例均在 98% 以上, T5 的有效薯质量比例最大。单株结薯质量及单株有效结薯质量 T5 均最大。

2.3.4 原原种块茎大小对原种分级薯质量比例的影响 图 4 为原原种不同块茎大小对原种分级薯

质量比例的影响,从中可以看出,随着种植块茎的增大,单薯质量 $\geq 10\text{ g}$ 的薯块质量比例呈先下降后上升的趋势,以 T2 最小;单薯质量 $\geq 20\text{ g}$ 的薯块质量比例也呈先下降后上升的趋势,以 T3 最小。各处理均以单薯质量 $\geq 20\text{ g}$ 的薯块质量比例最大,均在 50% 以上,其中 T5 的单薯质量 $\geq 20\text{ g}$ 的薯块质量比例最大,为 67.86%。

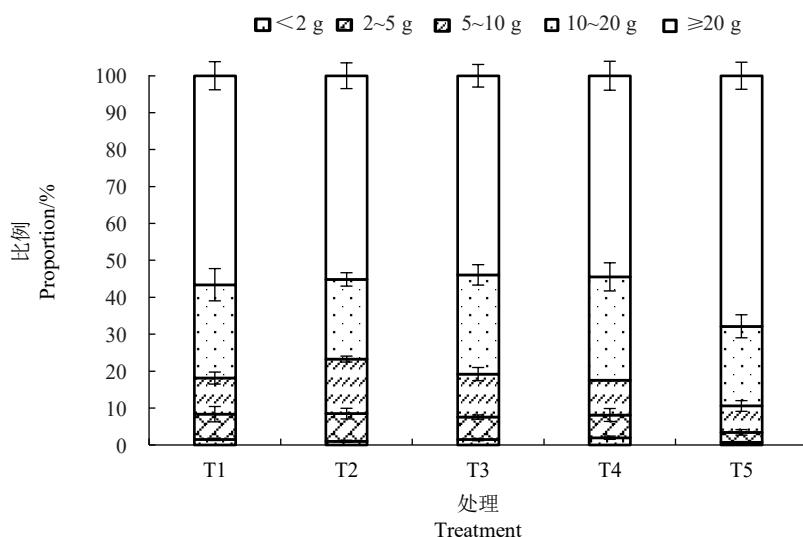


图 4 原原种不同块茎大小对原种分级薯质量比例的影响

Fig. 4 Effects of different tuber sizes of pre-basic seed on the mass ratio of original seed graded potato

3 讨论与结论

3.1 试管苗种植密度对原原种结薯数量及质量的影响

种植密度与马铃薯块茎的生长关系密切,是作物栽培的一个非常重要的指标,只有在适宜的种植密度范围内,才能产生最高的产量及经济效益^[9]。通过改变栽培密度,可以优化群体结构,合理利用光能,有利于各器官之间碳水化合物的转运与积累,从而对马铃薯块茎的形成产生影响^[10]。改变种植密度,单位面积的结薯数会发生变化,块茎的大小和分布也会发生变化^[11]。

有研究认为,马铃薯产量与种植密度呈正相关,种植密度增加时,有效株数增加,但是单株结薯数会减少,单薯质量也会下降^[12]。也有研究认为,产量和种植密度呈开口向下的抛物线关系^[13-14]。王春艳等^[15]研究认为,随着种植密度的增大,马铃薯单株结薯数会减少。本研究中,随着试管苗种植密度的增加,原原种的结薯总数及总薯质量、有效薯数及有效薯质量均呈先增加后下降的趋势,而单株结薯数及单株结薯质量、单株有效结薯数及单株有效结

薯质量整体上均呈下降的趋势,这与饶莉萍等^[8]的研究结果基本一致。随着试管苗种植密度的增加,单薯质量 $\geq 20\text{ g}$ 的原原种数量及质量比例整体均呈下降趋势,单薯质量 $<20\text{ g}$ 的原原种数量及质量比例均增大,F 处理(36 株·盒⁻¹)单薯质量 $<2\text{ g}$ 的无效薯数量及质量比例均最大。同时,处理 D(24 株·盒⁻¹)结薯总数最多,每盒结薯 88.67 粒,总薯质量为 1 704.17 g,其中有效薯数 83.67 粒、有效薯质量为 1 700.27 g。试管苗种植密度越大,产生的无效薯越多。在实际应用中可通过适宜的种植密度,减少无效薯的产生,在保证产量的同时降低生产成本,从而提高马铃薯种植的经济效益。

3.2 原原种不同块茎大小对发芽及结薯数量、质量的影响

有研究表明,马铃薯块茎较小时,发芽时间较长,发芽不整齐,块茎较大时,发芽较快而且整齐度比较高,但 5 g 和 10 g 块茎发芽整齐度差异不大^[16]。本试验中原原种块茎越大,出芽数越多,芽长度及芽直径越大。解除休眠 40 d 时,T5(单薯质量 $\geq 20\text{ g}$)每个块茎芽数最多,为 8.33 个,T1(单薯质量 $<2\text{ g}$)每个块茎出芽 3.67 个,T2(2 g \leq 单薯质

量<5 g)每个块茎出芽 4.00 个;T5 芽长最长,为 1.73 cm;T5 芽直径也最大,为 7.32 mm。T1 出苗率不到 80%,其余处理的出苗率均可以达到 90%。T1 块茎较小且容易失水出现皱缩、萎蔫现象,而且芽比较纤细,发芽质量不高,播种后幼苗拱土能力差,影响出苗率。

研究表明,播种块茎大小对于种薯的产量、结薯数及效益均会产生影响^[17-18]。刘凌云等^[19]研究认为,通过高密度(17.5 万株·hm⁻²)种植和用较大的原原种(直径为 20.0~25.0 mm)作为种薯可以获得较高的产量,利用大种薯播种时,出苗较早且产量高。原原种的质量越大,能提供的营养物质越多,对植株的生长越有利,单株结薯数及单株薯质量都会随之增多,在生产中选用 5 g 及以上的原原种做种薯时,生产的原种及商品薯的产量均比较高^[20]。本试验与前人的研究结果基本一致,采用单薯质量≥20 g 的原原种播种时,结薯总数最多,每盒结薯 54.67 粒,总薯质量为 961.50 g,有效薯数每盒 48.33 粒,有效薯质量 954.43 g,单株结薯数、单株有效结薯数及相应质量均以 T5 最大。随着原原种块茎的增大,产生的单薯质量≥10 g 的薯块数量比例整体上呈增大趋势,T5 达 57.32%;单薯质量≥10 g 的薯块质量比例呈先下降后上升的趋势,以 T2 最小;各处理均以单薯质量≥20 g 薯块的质量比例最大,均在 50%以上,其中 T5 单薯质量≥20 g 的薯块质量比例最高,为 67.86%。通过本研究明确了原原种块茎大小与产生原种数量和质量的关系,丰富了其生产相关的理论体系,为原种生产提供了理论指导。

综上所述,在网棚种植条件下,面积为 0.202 5 m²(0.45 m×0.45 m)的方形盒子内,试管苗种植 24 株时(折合生产上密度为 79 052 株·667 m⁻²),原原种结薯总数、有效薯总数、总薯质量、有效薯质量均最大,折合总产量为 5 610.72 kg·hm⁻²,而且单薯质量<2 g 的无效薯的数量和质量比例均最小。单薯质量≥20 g 的原原种出芽质量最好,芽数最多,芽长最长,芽最粗壮,播种后结薯总数、有效薯总数、总薯质量、有效薯质量均最多,折合总产量为 3 165.59 kg·hm⁻²,而且所产生的单薯质量≥20 g 的薯块数量及质量比例均较大,更有利于种薯的繁育。前人研究一般只关注种植密度或原原种块茎大小对产量、结薯数量的单一影响,本试验除了关注结薯相关的指标外,还研究了原原种块茎大小对块茎打破休眠后发芽情况的影响,以及原原种不同

大小的块茎播种后原种各分级薯块所占比例的变化情况,研究内容更加丰富。但本研究仅采用 1 个品种进行了 1 年的试验,而且只采用了网棚方形盒子的栽培模式,与实际生产中有差距,数据代表性不强,还需多年试验、多品种试验来进行数据验证。

参考文献

- [1] 李玉涛,章宪霞,唐德晶,等.马铃薯主粮化加工专用品种筛选研究[J].江苏农业科学,2022,50(19):98-103.
- [2] 张国志,路颖.脱毒马铃薯繁种技术及其发展对策[J].中国果菜,2017,37(3):66-68.
- [3] 王友生,雷艳红,雍山玉,等.不同种植密度下有机肥替代氮肥对陇中旱作区马铃薯的影响[J].寒旱农业科学,2024,3(12):1124-1129.
- [4] 刘勇,吴玉红,魏芳勤,等.马铃薯脱毒微型薯休眠及发芽特性研究[J].安徽农学通报,2018,24(6):32-33.
- [5] 周积兵,郑天翔,陆海宁,等.整薯与切块播种对河西走廊加工型马铃薯品种生长及品质和产量的影响[J].中国马铃薯,2019,33(2):84-88.
- [6] 秦军红,李文娟,谢开云.种植密度对马铃薯种薯生产的影响[J].植物生理学报,2017,53(5):831-838.
- [7] 杜宏辉,贾学刚.高寒阴湿区原原种大小与种植密度对马铃薯种薯生产的影响[J].中国农技推广,2023,39(3):50-51.
- [8] 饶莉萍,邹雪,丁凡,等.马铃薯试管苗秋季种植密度对结薯及质量的影响[J].安徽农业科学,2023,51(15):34-38.
- [9] 张永成,张凤军.马铃薯产量与栽培密度及氮磷钾肥施用量的关系研究[J].中国种业,2010(9):68-70.
- [10] 薛占奎,胡谷琅,徐晶晶,等.种植密度及肥料运筹对马铃薯产量及经济性状的影响[J].浙江农业科学,2017,58(6):953-955.
- [11] 郑顺林,王良俊,万年鑫,等.密度对不同生态区马铃薯产量及块茎空间分布的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2017,45(7):15-23.
- [12] 曲亚英,李掌,郑永伟,等.覆膜和密度对‘陇薯 7 号’产量及不同质量块茎分布的影响[J].西北农业学报,2019,28(8):1242-1249.
- [13] 陈孝赏,陈伟强,蔡东升.不同播种密度对马铃薯产量及经济性状的影响[J].现代农业科技,2019(24):35.
- [14] 王珍珍,崔长磊,孙莎莎,等.马铃薯希森 6 号产量与栽培密度、肥料施用量的关系研究[J].中国种业,2025(1):94-102.
- [15] 王春艳,孟浩峰,李玲玲,等.氮密互作对旱作马铃薯光合特性、干物质积累及产量的影响[J].干旱地区农业研究,2024,42(5):118-127.
- [16] 刘勇,吴玉红,魏芳勤,等.马铃薯脱毒微型薯休眠及发芽特性研究[J].安徽农学通报,2018,24(6):32-33.
- [17] 鲁文娟,叶巍,包永信,等.整薯种薯大小对马铃薯生育、产量及效益的影响[J].农业科技通讯,2021(4):67-69.
- [18] 周建忠.马铃薯脱毒微型薯大小对产量的影响[J].园艺与种苗,2019,39(8):47-48.
- [19] 刘凌云,卢丽丽,包丽仙,等.种薯大小及播种密度对马铃薯青薯 9 号种薯繁育的影响[J].江苏农业科学,2019,47(11):112-115.
- [20] 徐茜,宗洪霞,张兴端,等.渝马铃薯 3 号原原种薯大小对其主要性状和原种产量的影响[J].中国种业,2017(10):44-46.