

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2021)05-0406-08

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2021.05.003

苗源及栽培密度对马铃薯原原种生产的影响

杨雯婷¹, 崔阔澍², 唐铭霞¹, 胡建军¹, 何卫¹, 唐梦雪³, 王克秀^{1*}

(1. 四川省农业科学院作物研究所, 四川 成都 610066; 2. 四川省农业技术推广总站, 四川 成都 610041;

3. 四川农业大学农学院, 四川 成都 611130)

摘要: 为提高马铃薯原原种结薯效率, 降低生产成本, 开展了苗源及栽培密度对马铃薯原原种生产的影响研究。试验为二因素裂区设计, 4次重复, 苗源为主区, 栽培密度为副区, 供试品种为‘费乌瑞它’。试验设置组培苗和水培苗2个苗源, 200, 400, 600和800株/m² 4个栽培密度。结果表明, 苗源对匍匐茎长度和叶面积以外的其他农艺性状均有显著影响, 密度仅对根长、匍匐茎数量、叶面积和单株干物质积累量有显著影响, 根长具有显著两因素互作效应。同一密度下, 水培苗的单株结薯数和产量(600株/m²除外)高于组培苗。在主因素组培苗和水培苗中, 密度200株/m²单株结薯数和结薯产量均显著高于3个高密度处理, 随密度增大, 单位面积结薯数和产量增幅下降, 组培苗和水培苗均在200~400株/m²单位面积结薯数和产量增幅最大, 分别增加68.0%和46.0%, 25.3%和20.1%, 组培苗在600~800株/m², 水培苗在400~600株/m²时增幅大幅下降, 平均单薯重也随之降低。苗源类型和栽培密度均能显著影响原原种结薯数、产量和单薯重, 在保证单薯重基础上, 获得较多的单位面积原原种结薯数更有意义。组培苗在密度为600株/m²处理, 水培苗在密度为400株/m²处理, 既可以确保适当的单薯重, 又可以提高单位面积结薯数。因此, 从原原种生产成本和经济效益考虑, 组培苗栽培密度600株/m², 水培苗400株/m²可以获得较好的生产效益。

关键词: 马铃薯种薯; 原原种; 苗源; 栽培密度

Effects of Plant Source and Planting Density on Production of Potato Minutuber

YANG Wenting¹, CUI Kuoshu², TANG Mingxia¹, HU Jianjun¹, HE Wei¹, TANG Mengxue³, WANG Kexiu^{1*}

(1. Crop Research Institute, Sichuan Academy of Agricultural Sciences, Chengdu, Sichuan 610066, China;

2. Sichuan Agricultural Technology Extension Center, Chengdu, Sichuan 610041, China;

3. Agronomy College, Sichuan Agricultural University, Chengdu, Sichuan 611130, China)

Abstract: The effects of plant source and planting density on the production of potato minitubers were studied in order to improve the production efficiency of potato minitubers and reduce the production cost. The experiment was laid out in a split plot design with four replications. The plant sources, *in vitro* and hydroponic cultured plantlets, were used as the main plot factor, and planting densities, 200, 400, 600 and 800 plants/m², were set as split plot factor. Plant source had significant effects on all the agronomic traits except for stolon length and leaf area, and planting density significantly affected on root length, stolon number per plant, leaf area and dry matter accumulation per plant. The significant interaction of the two factors was observed only for root length. Under the same planting density, the

收稿日期: 2021-08-10

基金项目: “十四五”四川省科技厅薯类育种攻关项目(2021YFYZ0019)。

作者简介: 杨雯婷(1996-), 女, 主要从事马铃薯种薯良繁技术及栽培生理研究。

*通信作者(Corresponding author): 王克秀, 博士, 副研究员, 主要从事马铃薯种薯良繁技术及栽培生理研究, E-mail: kexiu2004@126.com。

minituber number and yield per plant (except for 600 plant/m²) of hydroponic cultured plantlets was higher than those of *in vitro* plantlets. In main factor, *in vitro* and hydroponic cultured plantlets, minituber number and yield per plant under 200 plants/m² treatment were all significantly higher than those of other three high density treatments. The increase in minituber number and yield per square meter decreased with the increase of planting density. Compared with 200 plants/m², the sharp increase was 68.0% and 46.0%, 25.3% and 20.1% for both plant sources from 200 to 400 plants/m², respectively. The increase for *in vitro* plantlets from 600 to 800 plants/m² and hydroponic cultured plantlets from 400 to 600 plants/m² declined sharply, and the weight per minituber also decreased. Plant source and planting density could significantly affect minituber number, yield and weight per minituber. On the basis of ensuring the weight per minituber, it is important to obtain more minituber numbers per square meter. Six hundred plants/m² for *in vitro* plantlets and 400 plants/m² for hydroponic cultured plantlets obtained not only appropriate weight per minituber, but also optimum minituber number per square meter. Therefore, considering both production costs and economic benefits of potato minitubers, the planting density of 600 plants/m² for *in vitro* plantlets and 400 plants/m² for hydroponic cultured plantlets could obtain better production benefits.

Key Words: seed potato; pre-elite; plant source; planting density

马铃薯是世界第四大粮食作物, 仅次于玉米、小麦、水稻。马铃薯具有种植区域广、高产、稳产、适应性强的特点, 是粮菜兼用作物、加工原料作物、饲料作物、能源作物、药用保健作物和重要的救荒度灾作物。马铃薯在人们食品中占有重要的地位, 其是高寒山区人民的主要食物, 对粮食安全、农民增收具有重要意义。中国马铃薯的播种面积及产量均居世界第一。但2019年中国马铃薯单产仅18.7 t/hm², 低于世界平均水平12.5%, 显著低于欧美国家平均水平^[1]。造成马铃薯单产低的重要原因是品种退化, 脱毒种薯应用率低。中国脱毒种薯种植面积仅占全国的30%^[2], 脱毒种薯利用率低, 原原种价格较高也限制了原原种的推广。提高脱毒原原种产量是提高马铃薯单产水平至关重要的第一步。基质栽培是生产原原种的方式之一, 不少学者已经在原原种栽培基质上做了大量研究^[3-5], 在栽培密度上也做了部分研究^[6-10], 韦献雅等^[11]对试管薯、试管苗和扦插苗做过相关研究, 李勇^[12]对不同叶龄试管苗和扦插苗做过相关研究, 但针对原原种不同苗源(组培苗和水培苗)及配套栽培密度的研究却鲜有报道。为提高原原种生产效率, 脱毒苗定植苗的选择得到越来越多的重视。试管苗不同茎段, 顶端扦插苗作为定植苗提高原原种产量得到研究^[13,14], 但针对水培苗作为定植苗的研究鲜见报道。本研究在两种苗源上开展栽培密度比较试验, 评价

苗源和栽培密度对马铃薯植株生长、干物质积累、产量的影响, 为马铃薯原原种基质生产提供技术和理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料和地点

供试马铃薯品种‘费乌瑞它’为四川省主栽品种, ‘费乌瑞它’的脱毒组培苗和水培苗由四川省农业科学院作物研究所提供。脱毒组培苗于2019年8月24日进行固体MS培养; 水培苗于同一天由培养25 d的组培苗, 剪掉根部, 流水冲掉残留培养基, 植株下部置于羧乙酸溶液(100 mg/L)浸泡15 min, 定植至泡沫漂浮板, 密度2 500株/m², 进行水培培养获得, 水培营养液为1/4 MS(不含琼脂、蔗糖和有机质)。组培苗和水培苗培养4周后, 于2019年9月22日同一天移栽至试验区。

试验安排在四川省农业科学院作物研究所温网室中进行。

1.2 试验设计

试验为二因素裂区设计, 苗源因素为主区, 设组培苗和水培苗2个水平, 密度因素为副区, 设200, 400, 600和800株/m²4个水平, 重复4次, 小区面积0.5 m²。栽培基质为纯椰糠, 于2019年9月22日进行移栽。移栽后一周到收获前两周浇施营养液, 间隔7 d, 共浇施10次, N、

P₂O₅、K₂O 浓度分别为 1.0, 0.5 和 2.0 g/L, N、P₂O₅、K₂O 比例为 2:1:4, 单位面积浇施营养液量为 2 L/m², 中量、微量和铁盐同 MS 培养基。

1.3 测定指标

移栽 40 d 后, 每小区随机选取 5 株, 测定农艺性状, 即株高, 根长, 匍匐茎数量, 匍匐茎长度, 匍匐茎分枝, 植株倒四叶顶小叶的叶绿素 SPAD 值(Konica Minolta Sensing, Osaka, Japan)及倒四叶的叶面积(YMJ-C 型台式叶面积仪, 浙江托普云农科技股份有限公司), 单株干物质积累量(采用烘干称重法计算, 测定农艺性状后, 将植株清洗干净, 吸干水分, 80℃烘干至恒重)。

2019 年 12 月 20 日收获并测产, 每小区测产面积 0.25 m²。分小区收获, 记录各小区结薯数和结薯重量, 计算单株和单位面积结薯数和结薯重量, 同时, 将原原种分为 5 个等级, 即小于 1 g,

1~3 g, 3~5 g, 5~10 g, 大于 10 g, 记录各级别原原种数量, 计算各级别原原种比例。

1.4 数据分析

采用 Excel 2007 和 DPS 15.10 统计软件计算与分析试验数据。

2 结果与分析

2.1 苗源和密度对植株农艺性状的影响

苗源对株高、根长、匍匐茎数量和分枝、叶绿素 SPAD 及单株干物质积累量均有显著影响, 而密度对根长、匍匐茎数量、叶面积及单株干物质积累量有显著影响。苗源对株高、根长、匍匐茎数量和分枝、叶片叶绿素和单株干物质积累量的影响效应大于密度, 密度对倒四叶叶面积影响更大。除根长具有苗源和密度互作效应外, 其他农艺性状均无两者互作效应(表 1)。

表 1 植株各农艺性状(定植 40 d)的方差分析
Table 1 Analysis of variance of agronomic traits (40 d)

变异来源 Variation source	df	MS							
		株高 Plant height	根长 Root length	匍匐茎数量 Stolon number	匍匐茎长度 Stolon length	匍匐茎分枝 Stolon branch	叶绿素 Chlorophyll	叶面积 Leaf area	干物质积累量 Dry matter
苗源 Plant source (Ps)	1	33.58*	72.6*	18.91**	0.004 ^{ns}	81.3**	19.78*	88.4 ^{ns}	0.391**
密度 Density (D)	3	5.52 ^{ns}	31.7**	1.01*	0.768 ^{ns}	5.5 ^{ns}	3.76 ^{ns}	150.9*	0.096 ^c
苗源 × 密度 Ps × D	3	1.53 ^{ns}	8.1**	0.42 ^{ns}	0.205 ^{ns}	1.3 ^{ns}	0.76 ^{ns}	58.6 ^{ns}	0.080 ^{ns}
误差 Error	24	7.84	2.0	0.31	0.327	2.4	2.74	34.4	0.031
总变异 Total	31								

注: *表示差异显著($P < 0.05$), **表示差异极显著($P < 0.01$), ns 表示差异不显著。下同。

Note: * indicates significance at $P < 0.05$, ** indicates highly significance at $P < 0.01$, and ns indicates no significance. The same below.

同一密度水平下, 水培苗的株高、根长、匍匐茎数量和分枝、单株干物质积累量(800 株/m²除外)均大于组培苗, 组培苗的叶片叶绿素大于水培苗。随着密度增加, 株高先增高后降低, 但处理间无显著差异; 随密度增加, 根长、匍匐茎长度和倒四叶叶面积呈降低趋势, 水培苗的根长和倒四叶叶面积密度处理间差异达显著水平(表 2)。

苗源与密度对马铃薯单株干物质积累量有较

大影响。在密度为 200 ~ 600 株/m²处理, 水培苗单株干物质积累量均明显高于组培苗。在密度为 800 株/m²处理, 水培苗单株干物质积累量与组培苗差异不明显(表 2)。

随密度的增加, 组培苗的单株干物质积累量各密度处理变化幅度较小, 处理间无显著差异。但是, 水培苗的单株干物质积累量呈降低趋势, 200 株/m²处理单株干物质积累量显著大于 800 株/m²。最大值

表 2 苗源与密度对农艺性状的影响

Table 2 Effects of plant source and density on agronomic characters

苗源 Plant source (Ps)	密度 (株/m ²) Density (plant/m ²)	株高 (cm) Plant height	根长 (cm) Root length	匍匐茎数量 (个/株) Stolon number (No./plant)	匍匐茎长度 (cm) Stolon length	匍匐茎分枝 (个/株) Stolon branch (No./plant)	叶绿素 (SPAD) Chlorophyll	叶面积 (cm ²) Leaf area	干物质积累量 (g/株) Dry matter accumulation (g/plant)
组培苗 <i>In vitro</i> plantlets	200	20.98 a	9.18 a	2.20 a	3.04 a	5.10 a	27.89 a	17.18 a	0.33 a
	400	22.23 a	8.40 a	1.80 a	2.93 a	4.35 a	28.44 a	19.41 a	0.29 a
	600	23.90 a	7.93 a	1.95 a	2.83 a	5.15 a	29.39 a	17.41 a	0.29 a
	800	21.83 a	6.35 a	1.80 a	2.68 a	4.30 a	29.43 a	12.91 a	0.31 a
水培苗 Hydroponic cultured plantlets	200	24.13 a	13.33 a	3.80 ab	3.48 a	9.30 a	26.71 a	28.36 a	0.79 a
	400	24.35 a	10.98 ab	3.10 bc	2.94 a	7.25 a	26.83 a	20.11 b	0.58 ab
	600	24.93 a	10.15 ab	4.10 a	2.81 a	8.50 a	28.33 a	19.77 b	0.44 ab
	800	23.73 a	8.53 b	2.90 c	2.34 a	6.60 a	27.00 a	11.96 c	0.30 b

注：同列数据后不同字母表示同一苗源不同密度处理间差异达到0.05显著水平。采用Duncan's法。下同。

Note: Values followed by different letters in the same column for each plant source are significantly different among different density treatments at 0.05 level as tested by Duncan's multiple range test method. The same below.

出现在密度为200株/m²处理，分别为0.33和0.79 g/株。

2.2 苗源和密度对结薯数和产量的影响

苗源对单株结薯数和单位面积结薯数影响极显著，密度对单株结薯数、单株结薯产量、单位面积

结薯数、单位面积结薯产量和单薯重均有极显著影响。苗源对单株结薯数的影响大于密度，而密度对单株结薯产量，单位面积结薯数和单位面积结薯产量，以及单薯重的影响大于苗源。仅单株结薯数和单薯重有极显著苗源和密度互作效应(表3)。

表 3 结薯数和产量的方差分析

Table 3 Analysis of variance of minituber numbers and yields

变异来源 Variation source	df	MS				
		单株结薯数 Tuber number per plant	单株结薯产量 Tuber weight per plant	单位面积结薯数 Tuber number per unit area	单位面积结薯产量 Tuber weight per unit area	单薯重 Weight per tuber
苗源 Plant source (Ps)	1	3.20 ^{***}	0.65 ^{ns}	577 096 ^{**}	45 628 ^{ns}	0.06 ^{ns}
密度 Density (D)	3	1.07 ^{***}	35.62 ^{**}	925 188 ^{**}	772 313 ^{**}	3.76 ^{**}
苗源 × 密度 Ps × D	3	0.15 ^{***}	0.30 ^{ns}	8 657 ^{ns}	13 584 ^{ns}	3.13 ^{**}
误差 Error	24	0.02	0.22	8 150	37 450	0.13 ^{ns}
总变异 Total	31					

两种苗源在各密度处理间, 趋势相同, 但水培苗的单株结薯数和产量(600株/m²除外)均高于组培苗。随密度增加, 组培苗和水培苗的单株结薯数和单株结薯产量均表现为下降趋势, 二者均

在密度为200株/m²时获得最大值, 单株结薯数分别为1.91和2.94粒/株, 显著高于其他3个密度处理; 单株结薯产量分别为7.16和7.98 g/株, 亦显著高于其他3个密度处理(表4)。

表4 苗源和密度对结薯数和产量的影响

Table 4 Effects of plant source and density on minituber numbers and yields

苗源 Plant source (Ps)	密度 (株/m ²) Density (plant/m ²)	单株结薯数 (粒/株) Tuber number per plant (No./plant)	单株结薯产量 (g/株) Tuber weight per plant (g/plant)	单位面积结薯数 (粒/m ²) Tuber number (No./m ²)	单位面积结薯产量 (g/m ²) Tuber weight (g/m ²)	单薯重 (g/粒) Weight per tuber (g/tuber)
组培苗 <i>In vitro</i> plantlets	200	1.91 a	7.16 a	381.3 d	1 431.6 c	3.75 a
	400	1.60 b	4.48 b	640.7 c	1 793.2 b	2.80 b
	600	1.46 bc	3.54 c	875.7 b	2 121.4 a	2.42 bc
	800	1.38 c	2.74 c	1 106.7 a	2 193.9 a	1.98 c
水培苗 Hydroponic cultured plantlets	200	2.94 a	7.98 a	588.0 d	1 595.9 c	2.71 a
	400	2.15 b	4.79 b	858.7 c	1 917.3 b	2.23 b
	600	2.02 bc	3.52 c	1 212.0 b	2 109.4 ab	1.74 c
	800	1.78 c	2.77 d	1 420.0 a	2 219.6 a	1.56 c

组培苗和水培苗的单位面积结薯数和单位面积结薯产量均表现为随密度增加呈升高趋势, 均在密度为800株/m²时获得最大值, 单位面积结薯数分别为1 106.7和1 420.0粒/m², 显著高于其他3个密度处理, 单位面积结薯产量分别为2 193.9和2 219.6 g/m², 与600株/m²密度处理差异不显著, 但显著高于两个低密度处理; 随密度增加, 两种苗源单位面积结薯数和结薯产量增幅呈下降趋势, 均在400株/m²增幅最大, 结薯数较200株/m²分别增加68.0%和46.0%, 产量分别增加25.3%和20.1%, 而两种苗源单位面积结薯产量在800株/m², 增幅仅为3.4%和5.2%。试验结果表明, 组培苗单薯重大于水培苗。组培苗和水培苗单薯重均随密度增加, 呈下降趋势, 组培苗在400株/m²处理下降幅度最大为34.1%, 在600株/m²处理下降幅度最小为15.5%, 而水培苗则在600株/m²处理下降幅度最大为28.3%, 而在800株/m²下降幅度最小为11.3%。

总体来看, 从原原种生产成本和经济效益方面考虑, 在保证单薯重基础上, 获得较多的原原种数量更有意义。组培苗在密度为600株/m²处理, 水培苗在密度为400株/m²处理, 可以获得较好的单位面积结薯数和单薯重。

2.3 苗源和密度对马铃薯原原种大小比例的影响

随密度的升高, 组培苗和水培苗小于1 g原原种的比例整体都呈逐渐升高的趋势, 密度处理为200株/m²时, 小于1 g原原种比例最小, 分别为15.6%和19.7%。密度处理为800株/m²时, 小于1 g原原种比例达到最大值, 分别为34.3%和44.4%。组培苗400~800株/m²处理1~3 g原原种比例显著高于200株/m², 随密度增大, 水培苗1~3 g原原种比例呈下降趋势, 下降幅度不大; 而随密度增加3~5 g、5~10 g和大于10 g三个级别的原原种比例显著下降, 但此范围原原种相对占比较小。水培苗3 g以上大薯比例小于组培苗(图1)。

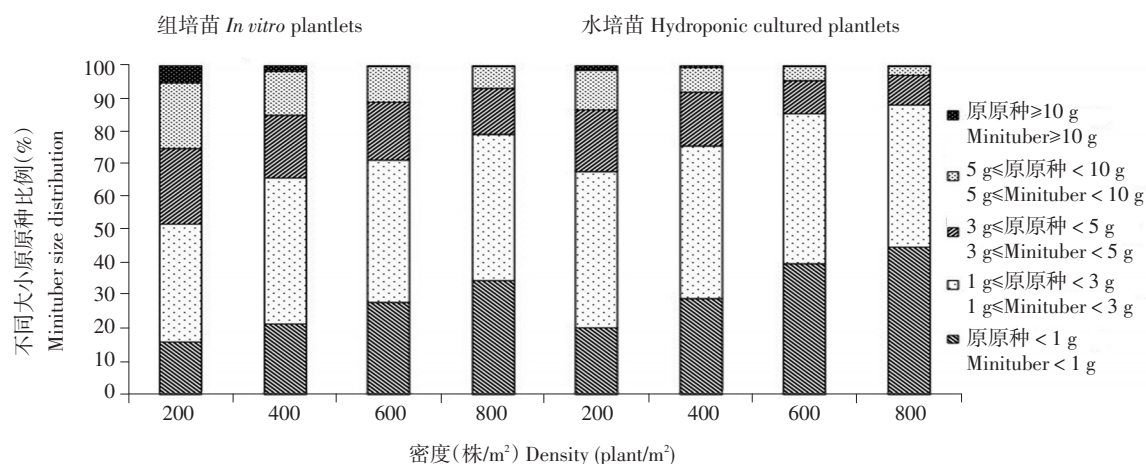


图1 苗源和密度对马铃薯原原种大小比例的影响

Figure 1 Effects of plant source and density on minituber size distributions of potato

3 讨 论

马铃薯原原种产量受多种因素影响, 如品种、气候环境条件、栽培密度、栽培基质、脱毒苗类型等。用于原原种生产的苗源及其质量是获得高产的重要前提, 直接决定原原种的生产效率, 甚至成败。目前常用苗源为试管薯、组培苗和扦插苗。试管薯由于自身养分、水分含量高, 适应性好, 结薯优于组培苗和扦插苗^[11]。与扦插苗相比, 组培苗得益于原根系的保留, 为植株生长发育提供了充足的水分与养分, 在定植前期组培苗具有较强的生长势, 且能更早完成各器官的形态建成^[15]。低温、内源激素失衡、营养物质缺乏等因素易造成扦插苗未形成匍匐茎而直接在茎上提早结薯^[16-18]。早熟品种组培苗全株栽培优于扦插栽培, 可以实现脱毒苗多次利用, 在降低生产成本上优势明显^[15]。本研究, 苗源对匍匐茎长度和叶面积以外的其他植株农艺性状均有显著影响, 苗源对株高、根长、匍匐茎数量和分枝、叶片叶绿素和单株干物质积累量的影响大于密度。同一密度水平下, 水培苗的株高、根长、匍匐茎数量和分枝、单株干物质积累量(800株/m²除外)均优于组培苗, 使用水培苗作为苗源可以获得更好的原原种结薯数和结薯产量, 可能是水

培苗本身为组培苗经过壮苗获得, 其株高、茎粗等质量均优于组培苗, 移栽后立苗快, 叶片多而大, 光合作用强, 根系发达, 养分水分吸收优于组培苗, 植株长势好。本研究供试品种‘费乌瑞它’为早熟品种, 其他熟性品种对这两种苗源的反应是否与此熟性品种一致, 尚需进一步研究。

种植密度是协调群体与个体协调发展的有效手段, 合理的种植密度, 才能充分利用土地、光、热、水和肥料资源获得理想的产量。Kumar等^[19]认为, 密度较低时, 植株间空间增大, 株间营养、水分、空间和光照竞争减少, 株高、单株茎数和干物质积累量增加。Srivastava等^[8]也认为, 低栽培密度有利于好的形态学生长和单株产量提高, 而高密度植株生长相对差, 但可以获得较高的单位面积结薯产量。而本研究发现, 密度200株/m²处理单株结薯数和结薯产量均显著高于3个高密度处理, 随密度增加, 不利于单株结薯数和产量提高, 但对增加单位面积结薯数和产量有利, 本研究中除株高表现与Kumar等^[19]和Srivastava等^[8]结果不一致外, 其他指标表现一致。本研究中, 随密度增加, 株高稍有增加, 但处理之间无显著差异, 可能由于成都平原高湿寡照, 高密度光照竞争更大, 植株细弱, 纵向生长所致; 但根长、叶片叶面积和单株干物质积累量均

随密度增大, 呈下降趋势, 所以密度过大, 对物质生产源不利, 影响源库关系平衡。物质生产是产量形成的基础, 生长更好的地上部促进了光合产物形成和转移, 从而促进了块茎产量的提高^[20,21]。

韦献雅等^[22]研究认为, 马铃薯原原种基质生产最适合的扦插密度是400株/m², 淳俊等^[7]认为在660株/m²的扦插密度下, 马铃薯原原种生产的有效薯率和产量最突出。低密度下, 较低的冠层覆盖度, 直接导致了累积光能截获量的降低, 加之光能利用率低, 直接导致单位面积块茎干物质积累量和收获指数下降^[23]。随密度增加, 由于营养、空间、光照等竞争, 导致单株结薯数和产量下降^[24], 单位面积原原种结薯数显著增加, 但对单位面积结薯产量影响不大, 较低密度有利于提高原原种大薯率, 降低3 g以下小薯比例^[9,10,25-29]。本研究中, 密度200~800株/m²也有此规律, 且两种苗源对密度的响应一致, 即随密度增加, 单株结薯数和结薯产量均呈下降趋势, 但单位面积结薯数和产量增加, 小于1 g的小薯也随之增加。随密度增大, 单位面积结薯数和产量增幅下降, 组培苗和水培苗均在200~400株/m²单位面积结薯数和产量增幅最大, 分别增加68.0%和46.0%, 25.3%和20.1%, 组培苗在600~800株/m², 水培苗在400~600株/m²时增幅大幅下降, 平均单薯重也随之降低。因此, 生产上, 从原原种生产成本和经济效益考虑, 组培苗密度600株/m², 水培苗密度400株/m², 可以获得较好的生产效益。

综上, 同等条件下, 水培苗农艺性状、干物质积累量、结薯数和结薯产量均优于组培苗, 可以优先考虑作为基质生产原原种的定植苗。合理的栽培密度能有效提高马铃薯原原种结薯数和产量, 过低, 不利于单位面积结薯数和产量增加, 过高, 不利于大薯比例增加。大田生产中, 单薯重3~5 g为好, 太小, 营养体弱, 大田繁殖, 不易出苗成活, 太大, 会增加生产成本, 且不利于结薯粒数增加, 故应均衡考虑。原原种生产中, 优先考虑数量增加, 在此基础上, 尽量增加单个薯重。在成都平原温光条件下, 组培苗600株/m², 水培苗400株/m²可以获得理想的单位面积结薯数和产量。生产上, 可以针对区域气候条件和种薯大小需求合理选择栽

培密度, 结合采用优质的栽培基质, 科学的管理方式等, 降低生产成本, 实现马铃薯原原种高效生产。

[参 考 文 献]

- [1] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2019. Statistical Pocketbook. <http://www.fao.org/faostat/zh/#data/QC>.
- [2] 卢肖平. 马铃薯主粮化战略的意义、瓶颈与政策建议[J]. 华中农业大学学报: 社会科学版, 2015(3): 1-7.
- [3] 冯焱, 桑有顺, 淳俊, 等. 不同栽培基质对马铃薯原原种产量性状和经济参数的影响[J]. 安徽农业科学, 2016, 44(27): 25-27.
- [4] 吕典秋, 李学湛, 何云霞, 等. 马铃薯脱毒原原种栽培基质筛选和栽培技术的研究[J]. 杂粮作物, 2002(1): 46-47.
- [5] 闫志山, 杨骥, 范有君, 等. 脱毒马铃薯试管苗不同育苗基质处理对原原种产量的影响[J]. 中国马铃薯, 2003, 17(6): 345-346.
- [6] 和习琼, 王菊英, 和光宇, 等. 马铃薯脱毒试管苗不同种植密度生产原原种试验[C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与中国式主食. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2016.
- [7] 淳俊, 桑有顺, 陈涛, 等. 马铃薯原原种栽培的扦插密度试验[J]. 四川农业科技, 2017(2): 10-11.
- [8] Srivastava A K, Yadav S K, Diegdoh L C, *et al.* Effect of plant density on mini-tuber production potential of potato varieties through micro-plants under net-house in North Eastern Himalayan region [J]. Journal of Applied Horticulture, 2016, 18 (1): 61-63.
- [9] Sharma A K, Kumar V, Venkatasalam E P. Effect of method of planting and plantlet density on potato mini-tuber production [J]. Potato Journal, 2014, 41(1): 52-57.
- [10] Abdunnour J, Roy G, Desjardins Y. Effect of supplemental lighting, substrate (potting mix) volume and plant densities on potato minituber production during winter greenhouse culture in Quebec [J]. Acta Horticulturae, 2003, 619: 53-58.
- [11] 韦献雅, 唐娅梅, 周丹, 等. 三种不同苗源生产脱毒马铃薯原原种产量比较试验[J]. 中国马铃薯, 2012, 26(5): 274-276.
- [12] 李勇. 不同脱毒苗类型对马铃薯原原种的产量性状和经济参数的影响[J]. 中国马铃薯, 2013, 27(6): 336-340.
- [13] 朱明全, 黄雪丽, 倪苏, 等. 马铃薯试管苗及顶芽扦插原原种产量研究[J]. 中国马铃薯, 2008, 22(6): 342-345.
- [14] 龙国, 张绍荣, 梅艳, 等. 马铃薯脱毒苗不同茎段扦插苗生产原原种效果研究初报[J]. 种子, 2008(7): 75-76.

- [15] 汪翠存, 王克秀, 何卫, 等. 带根苗与顶端扦插苗对马铃薯雾培原种生产的影响 [C]//屈冬玉, 陈伊里. 马铃薯产业与精准扶贫. 哈尔滨: 哈尔滨地图出版社, 2017.
- [16] 刘志云. 马铃薯试管苗结薯与光、温度、激素关系的研究 [J]. 高师理科学刊, 2002, 22(3): 70–71.
- [17] Jackson S D. Multiple signaling pathways control tuber induction in potato [J]. Plant Physiology, 1999, 119(1): 1–8.
- [18] 丁凡, 王季春, 唐道彬, 等. 不同营养方式下雾培马铃薯对氮、磷、钾的吸收、利用及分配规律 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2008, 33(3): 81–85.
- [19] Kumar D, Singh O P, Lal S S, *et al.* Optimizing planting geometry of *in vitro* potato plants for growth and minitubers production in net house [J]. Potato Journal, 2012, 39(1): 69–74.
- [20] Malik N J. Potatoes in Pakistan—A handbook. Pak–Swiss Potato Development Project [M]. Islamabad: Pakistan Agricultural Research Council, 1995.
- [21] Bukema H P, Zaag V D. Crop Eco-Physiology. Introduction to potato production [M]. Wageningen: PUDOC, 1990.
- [22] 韦献雅, 唐娅梅, 周丹, 等. 四川地区影响脱毒马铃薯原种单株产量因素研究 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(36): 147–150.
- [23] Veeken A, Lommen W. How planting density affects number and yield of potato minitubers in a commercial glasshouse production system [J]. Potato Research, 2009, 52(2): 105–119.
- [24] Bussan A J, Mitchell P D, Copas M E, *et al.* Evaluation of the effect of density on potato yield and tuber size distribution [J]. Crop Science, 2007, 47(6): 2462–2472.
- [25] Kumar P, Pandey S K, Singh S V, *et al.* Effect of growth duration, N application and row spacing on productivity, profitability and processing quality of potato [J]. Potato Journal, 2011, 38(2): 137–142.
- [26] Kushwah V S, Singh S P. Effect of intra-row spacing and date of haulm cutting on production of small size tubers [J]. Potato Journal, 2008, 35(1–2): 88–90.
- [27] Zamil M F, Rahman M M, Rabbani M G, *et al.* Combined effect of nitrogen and plant spacing on the growth and yield of potato with economic performance [J]. Bangladesh Research Publications Journal, 2010, 3(3): 1062–1070.
- [28] Lommen W J M, Struik P C. Production of potato minitubers by repeated harvesting: Effects of crop husbandry on yield parameters [J]. Potato Research, 1992, 35(4): 419–432.
- [29] Roy R D, Machado V S, Alam S M M, *et al.* Greenhouse production of potato (*Solanum tuberosum* L. cv. Désirée) seed tubers using *in vitro* plantlets and rooted cuttings in large propagation beds [J]. Potato Research, 1995, 38(1): 61–68.

书

讯

现有《中国马铃薯》杂志 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019 和 2020 年精装合订本, 中国马铃薯大会论文集 2011 年《马铃薯产业与科技扶贫》, 2012 年《马铃薯产业与水资源高效利用》, 2013 年《马铃薯产业与农村区域发展》, 2014 年《马铃薯产业与小康社会建设》, 2015 年《马铃薯产业与现代可持续农业》, 2016 年《马铃薯产业与中国式主食》, 2017 年《马铃薯产业与精准扶贫》, 2018 年《马铃薯产业与脱贫攻坚》, 2019 年《马铃薯产业与健康消费》, 2020 年《马铃薯产业与美丽乡村》和 2021 年《马铃薯产业与绿色发展》, 每本定价 100 元。有需要的读者, 可与《中国马铃薯》编辑部联系。

联系电话: 0451-55190003