

中图分类号: S532 文献标识码: A 文章编号: 1672-3635(2022)03-0193-13

遗传育种

DOI: 10.19918/j.cnki.1672-3635.2022.03.001

椰糠与草炭配比生产马铃薯原原种的综合技术分析

甘 珊^{1,2}, 张丽莉^{1,2}, 石 瑛^{1,2*}, 王堡槐^{1,2}

(1. 东北农业大学农学院, 黑龙江 哈尔滨 150030;

2. 寒地粮食作物种质创新与生理生态教育部重点实验室, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘 要: 原原种生产是马铃薯种薯生产的基础环节, 目前主要的生产模式是基质栽培。以椰糠+草炭混配为基质生产马铃薯原原种, 因基质可多次利用、无污染、环保等优点而被广泛关注。优化不同马铃薯品种的椰糠+草炭混配基质栽培模式, 为原原种生产提供技术支持, 对于促进种薯绿色高效生产具有重要意义。试验以马铃薯新品种‘东农312’‘东农314’‘东农317’为试验材料, 采用4因素3水平正交试验设计, 比较各品种在不同密度和肥料处理下的植株生长和产量情况, 筛选优化方案。结果表明, ‘东农312’的最优栽培方案为扦插密度5 cm×7 cm、基肥22.0 g/0.3 m²、追肥N+P₂O₅+K₂O 20.6 g/0.3 m², 产量达1.49 kg/0.3 m², 合格薯(>2 g)率为76.07%; ‘东农314’的最优栽培方案为扦插密度5 cm×5 cm、基肥22.0 g/0.3 m²、追肥N+K₂O 18 g/0.3 m², 产量达1.56 kg/0.3 m², 合格薯(>2 g)率78.74%; ‘东农317’的最优栽培方案为扦插密度5 cm×5 cm, 基肥27.5 g/0.3 m², 追肥N+P₂O₅+K₂O 20.6 g/0.3 m², 产量达1.23 kg/0.3 m², 合格薯(>2 g)率78.58%。

关键词: 马铃薯; 原原种; 椰糠; 草炭; 扦插密度; 施肥

Comprehensive Technical Analysis on the Production of Potato Elite Seeds Using Coconut Bran and Peat

GAN Shan^{1,2}, ZHANG Lili^{1,2}, SHI Ying^{1,2*}, WANG Baohuai^{1,2}

(1. College of Agronomy, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China; 2. Key Laboratory of Germplasm

Innovation and Physiology and Ecology of Food Crops in Cold Regions, Ministry of Education, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Elite seed production is the basic link of potato seed production. At present, the main production mode is substrate culture. The production of potato elite seeds with coconut bran + peat mixture as the substrate has been widely concerned for its advantages of multiple utilization, no pollution and environment friendly. Optimizing the cultivation mode of coconut bran + peat mixture of different potato varieties to provide technical support for the production of elite seeds is of great significance to promote the green and efficient production of seed potatoes. In this experiment, the new potato varieties, 'Dongnong 312', 'Dongnong 314' and 'Dongnong 317', were used as experimental materials. The four factor and three-level orthogonal design was used to compare the plant growth and yield of each variety under different densities and fertilizer treatments, and to screen the optimal scheme. The optimal planting

收稿日期: 2022-06-16

基金项目: 现代农业产业技术体系专项资金(CARS-09)。

作者简介: 甘珊(1995-), 女, 硕士研究生, 从事马铃薯种薯生产技术研究。

*通信作者(Corresponding author): 石瑛, 副研究员, 主要从事马铃薯遗传育种及栽培研究, E-mail: yshi@neau.edu.cn。

scheme for 'Dongnong 312' was plant density of 5 cm × 7 cm, base fertilizer of 22.0 g/0.3 m², and top dressing of N + P₂O₅ + K₂O 20.6 g/0.3 m², yielding 1.49 kg/0.3 m² with qualified potato (>2 g) percentage of 76.07%. The optimal planting scheme for 'Dongnong 314' was plant density of 5 cm × 5 cm, base fertilizer of 22.0 g/0.3 m², and top dressing of N + K₂O 18 g/0.3 m², yielding 1.56 kg/0.3 m² with qualified potato (>2 g) percentage of 78.74%. The optimal planting scheme for 'Dongnong 317' was plant density of 5 cm × 5 cm, base fertilizer of 27.5 g/0.3 m², and top dressing of N + P₂O₅ + K₂O 20.6 g/0.3 m², yielding 1.23 kg/0.3 m² with qualified potato (>2 g) percentage of 78.58%.

Key Words: potato; elite seed; coconut bran; peat; plant density; fertilization

马铃薯(*Solanum tuberosum* L.)素有“地下苹果”和“第二面包之称”^[1], 具有营养物质丰富、耐瘠薄、抗寒、适应性广、高产稳产等特点。中国的马铃薯栽培历史长达450多年, 马铃薯是第四大粮食作物^[2]。2020年以来, 中国的马铃薯种植面积达560多万hm², 总产量达12 294.4万t, 马铃薯平均产量1 464.5 kg/667m²^[3]。

基质栽培模式下生产马铃薯原原种的影响因素主要包括扦插密度、施肥以及品种, 其中不同的扦插密度和施肥量, 均会影响原原种的生产效果。不同研究中采用的组培苗扦插密度范围在310~600株/m²; 有研究显示扦插密度较低时经济、产量效果最好; 相反的研究认为在高密度下原原种生产的有效薯率和产量突出, 但是在高扦插密度条件下, 单位面积的结薯数会增加, 薯块大小会降低, 低密度下则相反^[4-6]。彭承界^[7]对扦插密度和施肥量进行正交试验, 发现在种植密度为12 000株/hm²的情况下, N施用量180 kg/hm², K₂O施用量330 kg/hm², P₂O₅施用量90 kg/hm², ‘鄂马铃薯5号’的原原种产量最高。有研究显示‘荷兰15’脱毒苗扦插时, 在不施有机肥的情况下最佳的N、P₂O₅、K₂O施用量为10~12 kg/667m²、5~8 kg/667m²、12~16 kg/667m², 原原种产量和结薯数均较好^[8,9]。本试验采用4因素3水平正交试验设计, 以椰糠+草炭混配为栽培基质, 以3个马铃薯新品种为试验材料, 试验因素为扦插密度、基肥量、追肥量、品种, 各因素3个水平, 筛选应用椰糠与草炭混配基质繁育马铃薯新品种原原种的相关技术参数, 筛选3个品种的优化栽培方案, 为利用椰糠与草炭混配基质生产马铃薯原原种提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与设计

试验于2021年在东北农业大学校内马铃薯研究所网棚进行。供试材料为‘东农312’‘东农314’和‘东农317’脱毒苗, 苗龄20 d。

栽培基质采用椰糠与草炭混配比例为2:1的配方, 育苗盘规格为0.55 m × 0.55 m × 0.10 m, 面积是0.3 m²。试验采用4因素3水平正交试验设计, 4因素分别为A(密度)、B(基肥)、C(追肥)、D(品种), 每个因素设置3个水平, 试验按L₉(3⁴)正交表设置9个处理, 处理情况见表1、表2, 每处理10次重复, 共90盘, 追肥于定植38 d进行。供试肥料为尿素(N 46%)、磷酸二铵(N 18%、P₂O₅ 46%)、硫酸钾(K₂O 50%)。组培苗定植时间为2021年5月24日, 收获时间为2021年9月12日。

1.2 脱毒苗生长期管理

(1)定植: 移栽前7 d, 将组培苗放于网棚中, 自然光照下带封口膜炼苗5 d, 然后揭去封口膜再炼苗2 d。扦插前, 先用清水将根部培养基洗净, 蘸取生根剂[萘乙酸(Naphthalene acetic acid, NAA), 0.5 mg/mL]后扦插。扦插后浇足水, 覆上一层塑料薄膜用于保温保湿。7~10 d后, 将覆在育苗盘上的塑料薄膜揭掉。

(2)肥水: 根据育苗盘的干湿程度判断是否浇水, 一般间隔7~10 d, 用洒水壶均匀喷洒1次。

(3)病虫害防治: 主要防治虫害、早疫病和晚疫病, 用药有吡虫啉、啉虫米、氟菌·霜霉威、丙森锌等, 每隔7 d喷一次。后期防治细菌性病害, 喷施氟噻唑吡乙酮、锌氨醋酸盐、烟酰胺等。

表1 正交试验设计 $L_9(3^4)$
Table 1 Orthogonal experimental design $L_9(3^4)$

处理 Treatment	A 密度(cm) Density	B 基肥(g/0.3 m ²) Base fertilizer	C 追肥(g/0.3 m ²) Topdressing	D 品种 Variety
1	1(5×5)	1(16.5)	1(7.2)	1(东农312)
2	1(5×5)	2(22)	2(18)	2(东农314)
3	1(5×5)	3(27.5)	3(20.6)	3(东农317)
4	2(5×7)	1(16.5)	2(18)	3(东农317)
5	2(5×7)	2(22)	3(20.6)	1(东农312)
6	2(5×7)	3(27.5)	1(7.2)	2(东农314)
7	3(5×10)	1(16.5)	3(20.6)	2(东农314)
8	3(5×10)	2(22)	1(7.2)	3(东农317)
9	3(5×10)	3(27.5)	2(18)	1(东农312)

表2 不同基肥、追肥施用比例及施用量
Table 2 Application proportion and rate of different base fertilizers and topdressing fertilizers

水平 Level	N:P ₂ O ₅ :K ₂ O	施用量(g/0.3 m ²) Application rate		
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O
B1	10:20:10	4.1	8.3	4.1
B2	10:20:10	5.5	11.0	5.5
B3	10:20:10	6.9	13.8	6.9
C1	16:0:0	7.2	0	0
C2	16:0:24	7.2	0	10.8
C3	12:10:24	5.4	4.5	10.7

(4)收获管理: 定植112 d收获。收获时依据单薯重进行分级, 共分四级: <2 g、2~5 g、5~10 g、>10 g, 分别装入网兜中, 装筐挂牌放入贮藏窖。

1.3 数据采集

(1)农艺性状: 组培苗定植60 d后, 每处理每重复随机选取10株, 测量株高、茎粗、叶片数及叶绿素含量。株高用直尺测量, 茎粗用游标卡尺测量, 叶绿素含量用SPAD-502 plus测量。

(2)产量性状: 记录各个处理中各级别的原原种数量及占总结薯数的百分比。记录各处理中总产量、总结薯数及合格薯(>2 g)率。

1.4 数据统计

数据处理与作图使用Excel 2019软件; 使用DPS 7.05数据处理系统进行统计分析, 用新复极

差法进行处理间差异显著性分析。

2 结果与分析

2.1 不同处理对马铃薯扦插苗植株长势的影响

对扦插苗的株高和茎粗数据进行方差分析, 密度、基肥、追肥和品种对扦插苗株高和茎粗的影响差异均极显著(表3)。

对密度、基肥、追肥及品种下的株高和茎粗值进行多重比较(表4), A3处理的株高和茎粗达到最大值, 分别为51.3 cm、4.9 mm, 极显著高于A1、A2处理。随着密度增加, 植株株高和茎粗值下降, 说明低扦插密度下植株生长空间较大, 更有利于植株地上部分生长, 扦插密度过密会造成植株长势不佳, 可能会造成减产。B3处理下的株高和茎粗达到最大值, 分别为54.9 cm、4.8 mm,

表3 扦插苗株高和茎粗方差分析

Table 3 Analysis of variance for plant height and stem diameter of transplanted plantlets *in vitro*

变异来源 Sources of variation	df	F	
		株高 Plant height	茎粗 Stem diameter
密度 Density	2	32.57**	46.46**
基肥 Base fertilizer	2	116.80**	35.95**
追肥 Topdressing	2	12.28**	9.27**
品种 Variety	2	53.95**	107.58**
误差 Error	16		

注: *表示差异达显著水平($P < 0.05$), **表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。下同。

Note: * indicates significance at $P < 0.05$; ** indicates significance at $P < 0.01$. The same below.

表4 不同因素内水平间的株高和茎粗

Table 4 Plant height and stem diameter of transplanted plantlets *in vitro* at different levels under different factors

因素 Factor	处理 Treatment	株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter
密度 Density	A1	45.0 bB	4.2 bB
	A2	45.4 bB	4.2 bB
	A3	51.3 aA	4.9 aA
基肥 Base fertilizer	B1	42.7 bB	4.0 cC
	B2	44.1 bB	4.4 bB
	B3	54.9 aA	4.8 aA
追肥 Topdressing	C1	46.9 bB	4.6 aAB
	C2	45.3 bB	4.7 aA
	C3	49.6 aA	4.4 bB
品种 Variety	D1	43.2 cC	4.1 cC
	D2	46.3 bB	4.9 aA
	D3	52.2 aA	4.3 bB

注: 小写和大写字母分别表示0.05和0.01水平显著。下同。

Note: Lower case and upper case letters indicate significance at the levels of 0.05 and 0.01 probability, respectively. The same below.

极显著高于B1、B2处理。随着基肥量的升高, 脱毒苗株高和茎粗值升高, 说明施入充分的基肥, 利于植株地上部分更好地生长, 为马铃薯原原种高产优质提供良好的基础。C3处理下的株高达到最大值, 为49.6 cm, 极显著高于C1、C2处理, 而在C2处理下茎粗达到最大值, 为4.7 mm, 极显著高于C3处理。说明生育期间追施磷、钾肥利于植株株高和茎粗的生长。D3处理下的株高达到最大值, 为52.2 cm, 极显著高于D1、D2处理; 而在D2处理下的茎粗达到最大值, 为4.9 mm, 极显

著高于D1、D3处理。在密度、基肥、追肥和品种的共同作用下, 对不同品种的株高和茎粗进行多重比较(表5)。对于‘东农312’来说, 株高在处理9中达到最大值, 为53.3 cm, 极显著高于处理1和5; 茎粗在处理5中达到最大值, 为4.8 mm, 极显著高于处理1和9。根据密度和施肥共同作用, 说明‘东农312’株高在处理9中长势最佳, 而茎粗在处理5中长势最佳。对于‘东农314’来说, 株高在处理6中达到最大值, 为51.8 cm, 极显著高于处理2, 但与处理7相比差异没有达

到极显著水平; 茎粗在处理7中达到最大值, 为5.7 mm, 极显著高于处理2和6。根据密度和施肥共同作用, 说明‘东农314’株高在处理6中长势最佳, 而茎粗在处理7中长势最佳。对于‘东农317’来说, 株高在处理3中达到最大值, 为59.7 cm,

极显著高于处理4和8; 茎粗在处理8中达到最大值, 为5.2 mm, 极显著高于处理4, 但与处理3相比差异不显著。根据密度和施肥共同作用, 说明‘东农317’株高在处理3中长势最佳, 茎粗在处理8中长势最佳。

表5 不同处理对各品种脱毒苗株高和茎粗的影响

Table 5 Effects of different treatments on plant height and stem diameter of transplanted plantlets *in vitro* of various varieties

品种 Variety	处理 Treatment	株高(cm) Plant height	茎粗(mm) Stem diameter
东农312 Dongnong 312	1	36.8 fF	3.8 fD
	5	40.8 deDE	4.8 cB
	9	53.3 bB	3.9 efD
东农314 Dongnong 314	2	39.0 eF	4.1 deCD
	6	51.8 bBC	4.3 dC
	7	48.2 cC	5.7 aA
东农317 Dongnong 317	3	59.7 aA	5.1 bcB
	4	43.5 dD	4.4 dC
	8	52.4 bBC	5.2 bB

2.2 不同处理下马铃薯扦插苗植株的叶片状态

对扦插苗的叶片数、SPAD值进行方差分析, 密度、追肥的叶片数和SPAD值差异极显著; 基

肥的叶片数差异极显著, 但SPAD值差异不显著; 不同品种的SPAD值差异极显著, 但叶片数差异不显著(表6)。

表6 扦插苗的叶片数和SPAD值方差分析

Table 6 Analysis of variance for leaf number and SPAD value of transplanted plantlets *in vitro*

变异来源 Sources of variation	df	F	
		叶片数 Leaf number	SPAD值 SPAD value
密度 Density	2	30.60**	47.46**
基肥 Base fertilizer	2	20.79**	0.23
追肥 Topdressing	2	19.93**	25.30**
品种 Variety	2	3.58	172.96**
误差 Error	16		

对密度、基肥、追肥及品种下的叶片数和SPAD值进行多重比较(表7)。A3处理下的叶片数和SPAD值最高, 为73片/株、42.58, 均极显著高于A1、A2处理。B3处理下的叶片数最高, 为71片/株, 极显著高于B1处理, 显著高于B2处理, 但各处理间SPAD值相比差异不显著。在C3

处理下叶片数和SPAD值最高, 为71片/株, 42.04, 均极显著高于C1、C2处理。在D1处理下SPAD值最高, 为43.29, 极显著高于D2、D3处理, 而各处理间每株叶片数相比差异不显著。

在密度、基肥、追肥和品种的共同作用下, 对不同品种的叶片数和SPAD值进行多重比较(表8)。

对于‘东农312’来说, 叶片数和SPAD值均在处理9中达到最大值, 分别为78片/株、47.15, 均极显著高于处理1, 由此说明‘东农312’在处理9中植株叶片状态表现最佳。对于‘东农314’来说, 叶片数和SPAD值均在处理7中达到最大值, 分别为75片/株、40.20, 均极显著高于处理2和处理6,

由此说明‘东农314’在处理7中植株叶片状态表现最佳。对于‘东农317’来说, 叶片数在处理3中达到最大值, 为68片/株, 极显著高于处理4, 但与处理8相比差异不显著; SPAD值在处理8中达到最大值, 为40.38, 极显著高于处理4, 但与处理3相比差异不显著。由此说明‘东农317’在处理3

表7 不同因素内水平间的叶片数和SPAD值

Table 7 Leaf number and SPAD value of transplanted plantlets *in vitro* at different levels under different factors

因素 Factor	处理 Treatment	叶片数(片/株) Leaf number (No./plant)	SPAD值 SPAD value
密度 Density	A1	63 bB	39.33 cB
	A2	64 bB	40.09 bB
	A3	73 aA	42.58 aA
基肥 Base fertilizer	B1	62 cB	40.54 aA
	B2	68 bA	40.77 aA
	B3	71 aA	40.68 aA
追肥 Topdressing	C1	63 bB	39.62 bB
	C2	65 bB	40.34 bB
	C3	71 aA	42.04 aA
品种 Variety	D1	65 aA	43.29 aA
	D2	69 aA	37.04 cC
	D3	67 aA	41.66 bB

表8 不同处理对各品种脱毒苗叶片数和SPAD值的影响

Table 8 Effects of different treatments on leaf number and SPAD value of transplanted plantlets *in vitro* of various varieties

品种 Variety	处理 Treatment	叶片数(片/株) Leaf number (No./plant)	SPAD值 SPAD value
东农312 Dongnong 312	1	57 eD	43.05 bB
	5	72 bcABC	46.46 aA
	9	78 aA	47.15 aA
东农314 Dongnong 314	2	64 dC	35.49 eE
	6	67 cdC	35.44 eE
	7	75 abAB	40.20 cCD
东农317 Dongnong 317	3	68 cdBC	39.45 cdCD
	4	54 eD	38.37 dD
	8	66 dC	40.38 cC

中植株叶片状态表现最佳。

2.3 不同处理对马铃薯原原种产量性状的影响

对密度、基肥、追肥及品种处理下的产量进

行多重比较(表9)。在密度处理下, A1处理的产量达到最大值, 为1.34 kg/0.3 m², 显著高于A2处理, 但与A3处理相比差异不显著。说明在高密度

处理下原原种结薯数多, 低密度处理下原原种大薯结薯较多, 因此原原种产量均高于中密度处理。在基肥处理下, B2处理的产量达到最大值, 为 $1.37 \text{ kg}/0.3 \text{ m}^2$, 显著高于B1处理, 但与B3处理相比差异不显著。原原种的产量随着基肥用量的增加而增加, 但施基肥量过多, 会造成产量下降, 说明施用适宜的基肥量可促进产量增加, 过

高或过低均影响结薯, 降低产量。在追肥处理下, C3处理的产量达到最大值, 为 $1.34 \text{ kg}/0.3 \text{ m}^2$, 显著高于C1处理, 但与C2处理相比差异不显著, 说明生育期间追施磷、钾肥可促进原原种结薯, 促进增产; 而施过多氮肥会促进地上部分增长, 影响原原种产量。不同品种下的产量差异不显著。

表9 不同因素内水平间的产量
Table 9 Yield of various levels under different factors

因素 Factor	处理 Treatment	产量(kg/0.3 m ²) Yield
密度 Density	A1	1.34 aA
	A2	1.10 bA
	A3	1.26 abA
基肥 Base fertilizer	B1	1.12 bA
	B2	1.37 aA
	B3	1.22 abA
追肥 Topdressing	C1	1.10 bA
	C2	1.27 abA
	C3	1.34 aA
品种 Variety	D1	1.26 aA
	D2	1.28 aA
	D3	1.16 aA

同一品种在不同处理下产量差异较大(图1), ‘东农312’在处理5下的产量达到最大值, 为 $1.49 \text{ kg}/0.3 \text{ m}^2$, 但各处理下的产量差异不显著。说明低密度下施基肥量高时结薯数少, 但多为大薯, 而高密度下施基肥量少时结薯数多, 但多为小薯, 因此选择适宜密度和适宜基肥量能促进大、中薯结薯, 提高产量。‘东农314’在处理2下的产量达到最大值, 为 $1.56 \text{ kg}/0.3 \text{ m}^2$, 极显著高于处理6, 而与处理7相比差异不显著。说明在低密度下, 施基肥量不足会导致结薯小且产量低, 而在中、高密度下施充分的基肥量能促进结薯, 提高产量。‘东农317’在处理3下的产量达到最大值, 为 $1.23 \text{ kg}/0.3 \text{ m}^2$, 显著高于处理4, 但与处理8相比差异不显著。说明在中密度下, 施基肥量较低不利于块茎淀粉积累, 从而降低产量, 而在低、

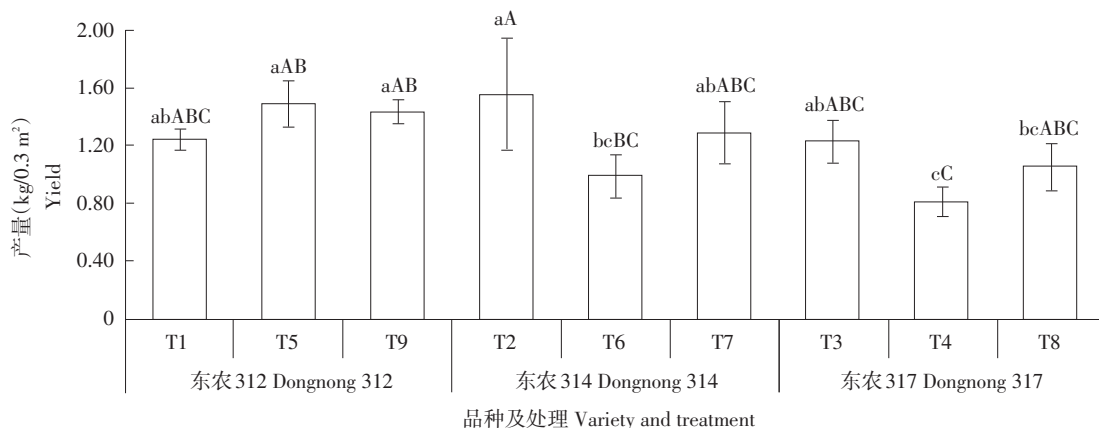
高密度下, 施充分的基肥量能促进块茎淀粉积累, 提高原原种产量。

对密度、基肥、追肥及品种下的结薯数进行多重比较(表10)。在密度处理下, A1处理的结薯数达到最大值, 为 $201 \text{ 粒}/0.3 \text{ m}^2$, 极显著高于A3处理, 显著高于A2处理。原原种结薯数随着扦插密度水平升高而增多, 因此适当密植利于马铃薯原原种增产。在基肥处理下, B1处理的结薯数达到最大值, 为 $206 \text{ 粒}/0.3 \text{ m}^2$, 极显著高于B2和B3处理; 而在追肥处理下, 各处理间结薯数差异不显著。不同品种间结薯数差异达极显著水平, D1处理下结薯数达到最大值, 为 $221 \text{ 粒}/0.3 \text{ m}^2$, 其次是D3处理, 为 $181 \text{ 粒}/0.3 \text{ m}^2$, D2处理下结薯数最少, 为 $125 \text{ 粒}/0.3 \text{ m}^2$ 。

同一品种在不同处理下的结薯数差异较大

(图2)。“东农312”在处理1下的结薯数达到最大值, 为282粒/0.3 m², 极显著高于处理5和处理9。说明高密度下原原种结薯数优于中、低密度下, 因此密植利于“东农312”原原种结薯。“东农314”在处理2下的结薯数达到最大值, 为160粒/0.3 m², 极显著高于处理6, 与处理7相比差异显著。说明

高密度下原原种结薯数优于中、低密度下, 因此密植利于“东农314”原原种结薯。“东农317”在处理4下的结薯数达到最大值, 为215粒/0.3 m², 极显著高于处理3和处理8。说明中密度下原原种结薯数优于低、高密度下, 因此“东农317”适宜在中扦插密度下种植。



注: 小写和大写字母分别表示0.05和0.01水平显著。下同。

Note: Lowercase and uppercase letters indicate significance at the levels of 0.05 and 0.01 probability, respectively. The same below.

图1 不同品种各处理的产量

Figure 1 Yield of various treatments under different varieties

表10 不同因素水平内的结薯数

Table 10 Tuber number of various levels under different factors

因素 Factor	处理 Treatment	结薯数(粒/0.3 m ²) Tuber number (No./0.3 m ²)
密度 Density	A1	201 aA
	A2	176 bA
	A3	151 cB
基肥 Base fertilizer	B1	206 aA
	B2	181 bB
	B3	141 cC
追肥 Topdressing	C1	180 aA
	C2	181 aA
	C3	167 aA
品种 Variety	D1	221 aA
	D2	125 cC
	D3	181 bB

对密度、基肥、追肥及品种下的各级结薯数进行多重比较(表11)。在密度处理下, 在>10 g的结薯数区间内, 在A3处理下达到最大值, 为

48粒/0.3 m², 极显著高于A1和A2处理; 而在5~10、2~5和<2 g的结薯数区间内, 在A1处理下达到最大值, 分别为49, 57和59粒/0.3 m², 均极显

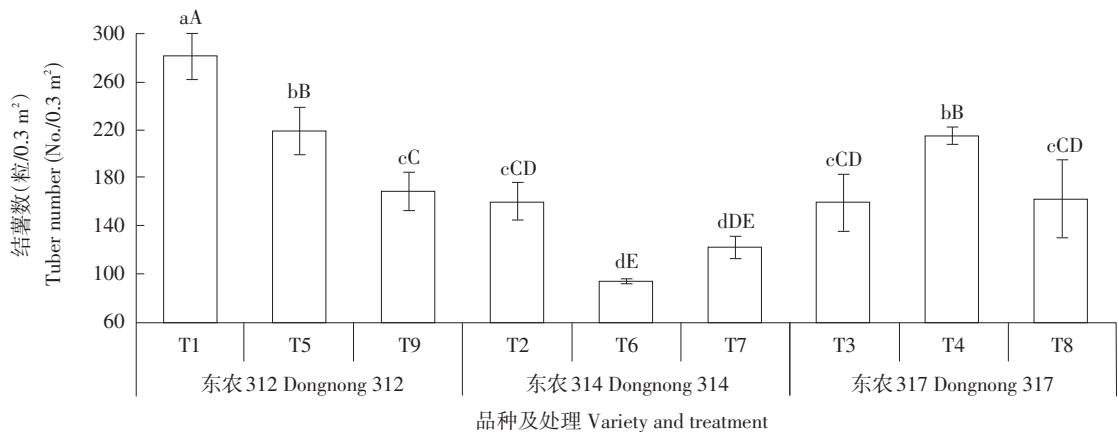


图2 不同品种各处理的结薯数
Figure 2 Tuber number of various treatments under different varieties

表 11 不同因素水平内各级结薯数
Table 11 Tuber number in various classes of various levels under different factors

因素 Factor	处理 Treatment	各级结薯数(粒/0.3 m ²) Tuber number in various classes (No./0.3 m ²)			
		>10 g	5~10 g	2~5 g	<2 g
密度 Density	A1	36 bB	49 aA	57 aA	59 aA
	A2	32 bB	42 abAB	55 aA	47 abAB
	A3	48 aA	33 bB	35 bB	35 bB
基肥 Base fertilizer	B1	30 bB	42 aA	68 aA	68 aA
	B2	44 aA	46 aA	48 bB	42 bB
	B3	42 aA	36 aA	31 cC	32 bB
追肥 Topdressing	C1	31 cB	41 aA	52 aA	55 aA
	C2	38 bB	39 aA	55 aA	50 abA
	C3	47 aA	44 aA	40 bB	36 bA
品种 Variety	D1	37 abA	51 aA	66 aA	67 aA
	D2	43 aA	42 aAB	28 cC	24 cB
	D3	36 bA	31 bB	53 bB	50 bA

著高于 A3 处理，与 A2 处理相比差异均不显著。由此说明在低密度下大薯数结薯较多，而在中、高密度下小薯数结薯较多。在基肥处理下，在>10 g 的结薯数区间内，在 B2 处理下达到最大值，为 44 粒/0.3 m²，极显著高于 B1 处理，与 B3 处理相比差异不显著；而在 2~5 和<2 g 的结薯数区间内，在 B1 处理下达到最大值，均为 68 粒/0.3 m²，均极显著高于 B2 和 B3 处理；但在 5~10 g 的结薯数区间内，各处理间差异不显著。说明施基肥量较多可促进大薯结薯，增加有效合格薯数，而施基肥量较少时小薯结薯较多。在追肥处理下，在>

10 g 的结薯数区间内，在 C3 处理下达到最大值，为 47 粒/0.3 m²，极显著高于 C1 和 C2 处理；在 2~5 g 的结薯数区间内，在 C2 处理下达到最大值，为 55 粒/0.3 m²，极显著高于 C3 处理；在<2 g 的结薯数区间内，在 C1 处理下达到最大值，为 55 粒/0.3 m²，显著高于 C3 处理。由此说明增施磷、钾肥可促进大、中薯结薯，增加有效合格薯数，而增施氮肥促进植株地上部分生长，导致块茎淀粉含量积累少，小薯数居多。在品种处理下，在>10 g 的结薯数区间内，在 D2 处理下达到最大值，为 43 粒/0.3 m²，显著高于 D3 处理，但与 D1 处理

相比差异不显著;在5~10 g的结薯数区间内,在D1处理下达到最大值,为51粒/0.3 m²,极显著高于D3处理,但与D2处理相比差异不显著;在2~5 g的结薯数区间内,仍在D1处理下达到最大值,为66粒/0.3 m²,极显著高于D2和D3处理;在<2 g的结薯数区间内,仍在D1处理下达到最大值,为67粒/0.3 m²,极显著高于D2处理,与D3处理相比差异显著。由此说明‘东农312’结薯数最多,其次为‘东农317’,而‘东农314’结薯数最少。

对于‘东农312’来说,在>10 g的结薯区间内,处理9达到最大值,为55粒/0.3 m²,极显著高于处理1,但与处理5相比差异不显著;在5~10 g的结薯数区间内,处理5达到最大值,为56粒/0.3 m²,显著高于处理9,但与处理1相比差异不显著;在2~5 g的结薯数区间内,处理1达到最大值,为94粒/0.3 m²,极显著高于处理5和处理9;在<2 g的结薯数区间内,仍在处理1下达到最大值,为110粒/0.3 m²,极显著高于处理9,与处理5相比差异显著。说明在施入基肥适宜时,低密度下原原种大薯数较多但结薯少,而中、高密度下原原种小薯数较多且结薯多,因此‘东农312’宜选择中、高密度扦插。对于‘东农314’来说,在>10 g的结薯区间内,在处理7下达到最大值,为51粒/0.3 m²,极显著高于处理6,与处理2差异不显著;在5~10和2~5 g的结薯数区间内,均在处理2下达到最大值,分别为41粒/0.3 m²、40粒/0.3 m²,但5~10 g各处理间结薯数差异不显著,在2~5 g结薯数区间内处理2极显著高于处理6,显著高于处理7;在<2 g的结薯数区间内,仍在处理2下达到最大值,为35粒/0.3 m²,但各处理间结薯数差异不显著。说明在低密度下原原种大薯数较多但结薯少,而在高密度下原原种中、小薯数较多且结薯多,因此‘东农314’宜选择高密度扦插。对于‘东农317’来说,在>10 g的结薯区间内,处理3达到最大值,为39粒/0.3 m²,极显著高于处理4,但与处理8相比差异不显著;在2~5 g的结薯数区间内,处理4达到最大值,为87粒/0.3 m²,极显著高于其他处理;在<2 g的结薯数区间内,仍是处理4达到最大值,为71粒/0.3 m²,显著高于其

他处理;而在5~10 g的结薯数区间内,各处理差异不显著(图3)。说明在低密度下原原种大薯数较多,而中密度下原原种中、小薯结薯数优于低、高密度下,因此‘东农317’宜选择中密度扦插。

对密度、基肥、追肥及品种处理下的合格薯率进行多重比较(表12)。在密度处理下,随着密度水平的升高,原原种合格薯率降低,但各处理的原原种合格薯率差异均不显著。在基肥处理下,原原种合格薯率随着基肥用量的增加而升高,B3处理的原原种合格薯率最高,为77.94%,显著高于B1处理,与B2处理相比差异不显著。说明施入基肥量充分能促进原原种大、中薯结薯,提高原原种合格薯率。在追肥处理下,C3处理下合格薯率达到最大值,为79.41%,但各处理间原原种合格薯率差异不显著。在品种处理下,在D2处理下的合格薯率最高,为81.40%,极显著高于D1处理,与D3处理相比差异显著。‘东农312’处理5的合格薯率最高,为76.07%,显著高于处理1,但与处理9相比差异不显著。‘东农314’处理7的合格薯率最高,为83.62%,处理2合格薯率为78.74%,但各处理的合格薯率差异不显著。‘东农317’处理3的合格薯率最高,为78.58%,但各处理的合格薯率差异不显著。对于原原种合格薯率来讲,2个品种间合格薯率差异均不显著,因此‘东农314’‘东农317’选择密植可促进增产;而‘东农312’在中、低密度下合格薯率优于高密度下,因此选择中密度扦插(图4)。

3 讨论

马铃薯原原种产量受多种因素影响,如扦插密度、施肥、栽培基质、气候、环境条件等。扦插密度可影响植株群体和个体均衡生长,因此选择合适的扦插密度,能充分发挥自然资源和肥料资源的作用,从而获得理想产量^[10]。低密度扦插时,植株的生长空间大,相互之间对水分、光照、营养等竞争较小,株高等形态指标生长较好^[11]。本试验研究中,随着扦插密度的降低,‘东农312’和‘东农314’品种的株高、茎粗、叶片数、

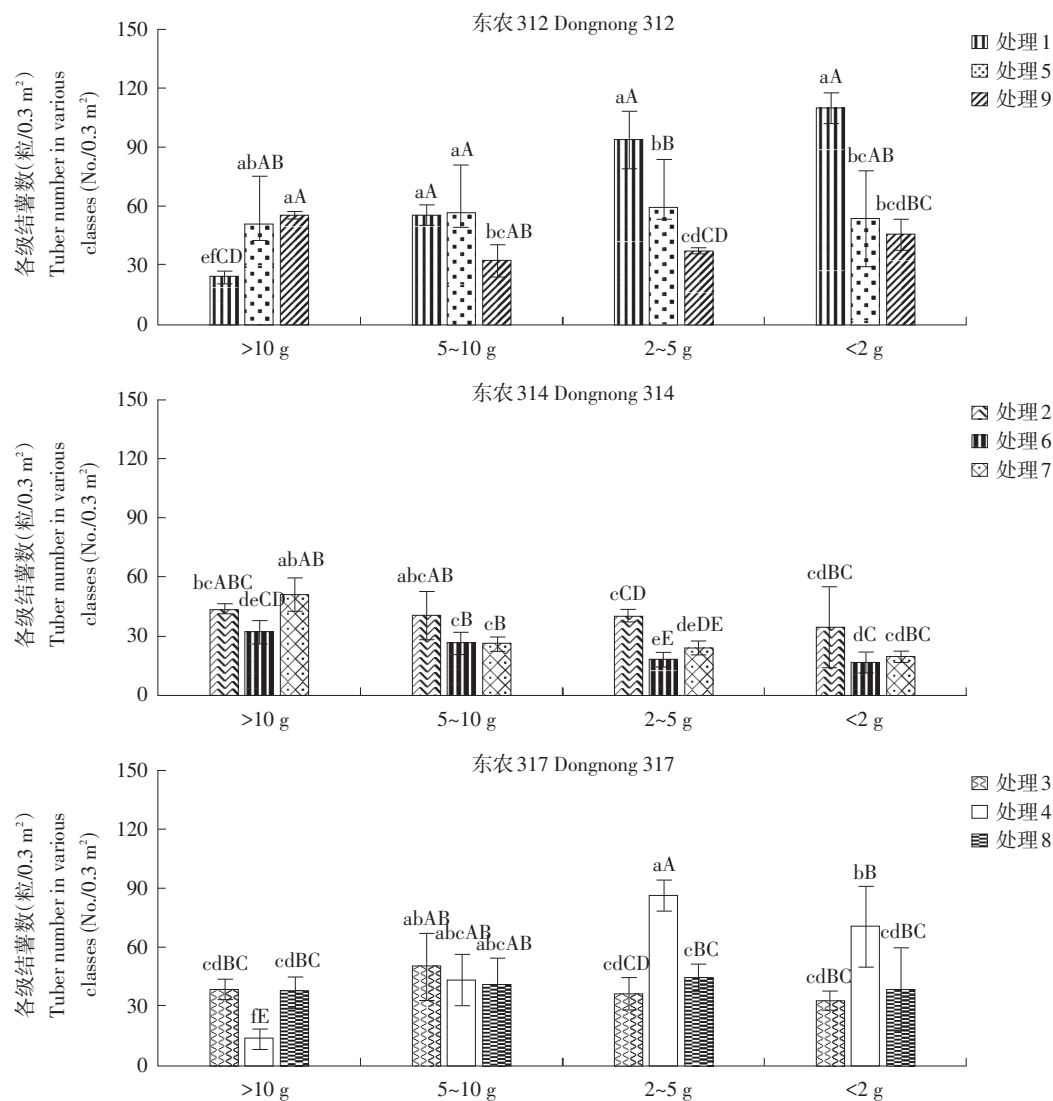


图3 不同品种各处理的各级结薯数

Figure 3 Tuber number in various classes of various treatments under different varieties

SPAD 值均升高, 均极显著高于 A1 (5 cm × 5 cm) 处理, 这与前人的研究一致^[12]。而‘东农 317’在扦插密度 A1 处理下株高、茎粗等指标较好, 且极显著高于 A3 (5 cm × 10 cm) 处理, 这与 Srivastava 等^[13]研究结果不一致, 这可能是品种基因型差异导致。因此根据不同品种选择适宜的扦插密度, 可促进植株生长, 地上部分生长更好, 促进了光合产物形成和转移, 从而促进增产。

谭体琼等^[14]认为马铃薯脱毒苗在高密度扦插下结薯数较多。随着扦插密度水平升高, 单位面

积的原原种结薯数会增加, 而在低扦插密度下, 单位面积的原原种结薯数减少, 但利于大薯结薯, 降低 <2 g 的小薯数^[15]。本试验研究中, 在高扦插密度处理 A1 下总结薯数达到最大值, 极显著高于 A3 处理, 显著高于 A2 处理; 在低扦插密度处理 A3 下 >10 g 的结薯数达到最大值, 极显著高于 A1 和 A2 处理, 而在高扦插密度处理 A1 下 <2 g 的结薯数达到最大值, 极显著高于 A3 处理, 这与前人研究一致^[16,17]。因此, 适当密植利于增产^[18]。

施肥对马铃薯的生长和产量有促进作用^[19,20]。

表 12 不同因素水平内的合格薯率

Table 12 Qualified potato percentage of various levels under different factor

因素 Factor	处理 Treatment	合格薯率(%) Qualified potato percentage
密度 Density	A1	72.81 aA
	A2	75.07 aA
	A3	78.02 aA
基肥 Base fertilizer	B1	70.69 bA
	B2	77.24 abA
	B3	77.94 aA
追肥 Topdressing	C1	73.30 aA
	C2	73.18 aA
	C3	79.41 aA
品种 Variety	D1	71.37 bB
	D2	81.40 aA
	D3	73.13 bAB

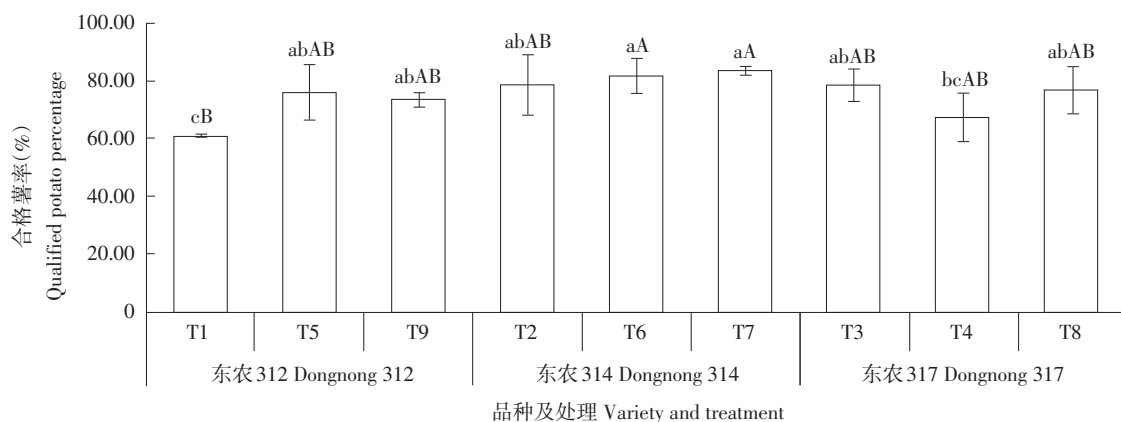


图 4 不同品种各处理的合格薯率

Figure 4 Qualified potato percentage of various treatments under different varieties

基质栽培马铃薯脱毒苗生长过程需要的营养元素全部来源于肥料的施用。在整个生育期间, 马铃薯所需营养以施基肥为主, 追肥为辅^[21]。本试验研究中基肥配比为 $N : P_2O_5 : K_2O = 10 : 20 : 10$, ‘东农 312’ ‘东农 314’ 和 ‘东农 317’ 品种均在 B3 ($27.5 \text{ g}/0.3 \text{ m}^2$) 处理下株高、茎粗、叶片数最高, 均极显著高于 B1 ($16.5 \text{ g}/0.3 \text{ m}^2$) 处理, 且随着基肥含量增加, 株高、茎粗等形态指标值也增加, 说明氮、磷、钾配施能促进马铃薯脱毒苗株高、茎粗等形态指标的生长^[22]。施基肥充分能有效促进马铃薯增产^[23], 复合肥基施 $50 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$, 马铃薯的大薯数较多^[24], 本试验研究中, 在 B2、B3 处

理下 $>10 \text{ g}$ 的结薯数较多, 极显著高于 B1 处理; 而 B1 处理下 $<2 \text{ g}$ 结薯数最多, 极显著高于其他处理, 与武新娟等^[24]研究一致。随着施肥量的增加, 单位面积结薯数呈递增趋势^[25]。在本试验研究中, 结薯数随着基肥施用量增加而降低, 在 B1 处理下的结薯数最多, 极显著高于其他处理, 这可能是不同扦插密度或品种差异造成。

生育期追施钾肥, 会促进有机物质的合成和运输, 在块茎形成期与膨大期, K^+ 可以促进茎叶的光合产物转运, 促进淀粉的合成和块茎的膨大; 合理增施钾肥能增加大、中薯数和产量^[26,27]。陈改雁等^[28]研究认为钾肥对马铃薯合格薯产量有促进

作用。本试验研究中, 在 C3(N + P₂O₅ + K₂O, 20.6 g/0.3 m²)处理下>10 g的结薯数最多, 极显著高于C1(N, 7.2 g/0.3 m²)、C2(N + K₂O, 18 g/0.3 m²)处理, 这与杨瑞平等^[29]研究一致。因此, 根据不同品种选择适宜的基肥量、追肥量, 能有效提高原种产量。

[参 考 文 献]

- [1] 王敬基. 世界马铃薯生产现状及中国对策 [J]. 世界农业, 2001 (12): 12-13.
- [2] 戴朝曦. 全能食物: 马铃薯 [J]. 森林与人类, 2008(10): 8-29.
- [3] 罗其友, 高明杰, 刘子萱, 等. 2020年中国马铃薯产业发展形势分析 [C]//金黎平, 吕文河. 马铃薯产业与绿色发展. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 2021(3): 15-18.
- [4] 王玉娥, 杨永志, 刘俊珍. 马铃薯脱毒苗扦插密度对微型薯数量及大小分布的影响 [J]. 青海农林科技, 1994(1): 16-18.
- [5] 李文刚. 马铃薯脱毒种薯微型化繁育推广体系研究进展 [C]//陈伊里, 屈冬玉. 中国马铃薯研究与产业开发. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2004: 108-112.
- [6] 淳俊, 桑有顺, 陈涛, 等. 马铃薯原原种基质栽培的扦插密度试验 [J]. 四川农业科技, 2017(2): 10-11.
- [7] 彭承界. 鄂马铃薯5号脱毒原原种植密度及施肥量最佳水平组合 [J]. 中国马铃薯, 2012, 26(4): 222-225.
- [8] 陈洪, 张新明, 全锋, 等. 氮磷钾不同配比对冬作马铃薯产量、效益和肥料利用率的影响 [J]. 中国马铃薯, 2010, 24(4): 224-229.
- [9] 刘德安, 游源祥. 不同氮磷钾配施对脱毒马铃薯产量的影响 [J]. 农技服务, 2011, 28(5): 619-620.
- [10] 杨雯婷, 崔阔澍, 唐铭霞, 等. 苗源及栽培密度对马铃薯原原种生产的影响 [J]. 中国马铃薯, 2021, 35(5): 406-413.
- [11] 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.
- [12] 崔雯. 原原种栽培密度与模式对马铃薯植株生长发育及原种产量的影响 [J]. 农业科技与信息, 2022(7): 14-16.
- [13] 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.
- [14] 谭体琼, 唐虹, 赵佐敏. 马铃薯脱毒试管苗扦插方式对生产微型薯的影响 [J]. 中国园艺文摘, 2013(11): 17-18.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 张利霞, 赵桂芳, 黄金泉. 无土基质生产马铃薯原原种的几个技术环节概述 [J]. 甘肃农业科技, 2015(5): 54-58.
- [19] 冯志文, 康跃虎, 万书勤, 等. 控失肥作为基肥对滴灌施肥马铃薯生长和品质的影响 [J]. 灌溉排水学报, 2018, 37(1): 54-62.
- [20] 丁海兵, 雷尊国, 邓宽平, 等. 不同施肥水平对马铃薯农艺性状及产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2008(28): 12338-12339.
- [21] 李建军. 无公害蔬菜的栽培新技术 [M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2008.
- [22] 李勇, 吕典秋, 胡林双, 等. 不同氮磷钾配比对马铃薯农艺性状、产量和干物质含量的影响 [J]. 中国马铃薯, 2013, 27(3): 148-152.
- [23] 王永朝, 宋民斗, 孟延, 等. 不同施肥配比对秦岭北麓马铃薯产量、养分及肥料利用率的影响 [J]. 江苏农业科学, 2022, 50 (1): 71-75.
- [24] 武新娟, 金光辉, 唐贵, 等. 不同施肥类型对马铃薯生长发育及产量效益的影响 [J]. 中国马铃薯, 2020, 34(3): 158-163.
- [25] 黄洪明, 吴美娟, 张慧, 等. 密度和施肥对春马铃薯希森3号产量及结薯性状的影响 [J]. 浙江农业科学, 2018, 59(10): 1747-1749.
- [26] 郭志平. 增施钾肥对早熟马铃薯产量的贡献 [J]. 湖北农业科学, 2007(6): 910-912.
- [27] 徐德钦. 马铃薯增施钾肥增产效果的研究 [J]. 上海交通大学学报: 农业科学版, 2007(2): 147-149.
- [28] 陈改雁, 周磊, 程士哲. 氮磷钾肥配施对马铃薯产量和品质的影响 [J]. 内蒙古农业科技, 2013(5): 62-63, 92.
- [29] 杨瑞平, 张胜, 王珊珊. 氮磷钾配施对马铃薯干物质积累及产量的影响 [J]. 安徽农业科学, 2011, 39(7): 3871-3874.