

营养与株型调控对雾培马铃薯的结薯生理影响^{*}

王季春¹ 唐道彬¹ 吕长文¹ 何凤发¹ 何庆学²

(1. 西南大学农学与生物科技学院 重庆 400716; 2. 农业部农技推广服务中心 北京 100026)

摘要 本研究采用 3 套营养液配方与 3 种株型调控措施探讨了不同马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 品种的结薯生理效应。结果表明:不同营养液配方对雾培马铃薯的“源流库”皆存在一定的影响;采用以前期最小、结薯期最大的 N/K 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ 比值的 A₂ 营养液,对植株的光合势、叶绿素含量、根系活力、匍匐茎数、总薯数、总薯重以及后期末茎叶鲜重与干重等的增长刺激作用最大,其中又以“CIP24”品种的结薯性能最好;下放植株、喷施矮壮素和剪尖处理的不同组合均能使“CIP24”品种在 A₂ 营养液下增加光合势,降低株高,增加鲜重和增大根系体积。

关键词 马铃薯 雾化栽培 营养液 株型调控 结薯

Media formula and plant control effects on aeroponics potato tuberization physiology. WANG Ji-Chun¹, TANG Dao-Bin¹, LU Chang-Wen¹, HE Feng-Fa¹, HE Qing-Xue² (1. College of Agronomy and Biotechnology, Southwest University, Chongqing 400716, China; 2. Agricultural Technology Extension Service Center, Ministry of Agriculture, Beijing 100026, China), *CJEA*, 2007, 15(3): 104~107

Abstract Three different nutrition solutions and 3 plant-controlling methods were designed to study physiological effects on tuberization of potato (*Solanum tuberosum* L.). The results indicate that nutrition formula has significant effects on the ‘source-current-sink’ of potato. Applications of nutrition solution A₂ at minimum ratios and maximum ratios of N/K and $\text{NH}_4^+ - \text{N}/\text{NO}_3^- - \text{N}$ in the early and late growth stages, respectively, can greatly increase plant leaf area, LAD, content of chlorophyll, root activity and number of stolon shoot, mini-tuber number and weight, fresh and dry weights of stem and leaf. CIP24 is found to have the best tuberizing property. Further more, different combinations of plant-controlling, CCC spraying and pruning can increase LAD, shoot fresh weight and root volume, shorten plant height when CIP24 is cultured with A₂.

Key words Potato, Aeroponics, Nutrition solution, Stem control, Tuberization

(Received Sept. 8, 2005; revised Nov. 20, 2005)

业已发现,马铃薯产量的不稳定和下降与 PVX、PVY、PLRV、PSTVd 等病毒病感染引起的退化有直接关系。自法国人 Morel(1955)首次采用茎尖离体培养得到无病毒植株以后,采用茎尖培养技术从受到感染的植株上得到没有病毒的芽苗和诱导这些芽苗进行大量的脱毒小薯繁育,在生产上得到了广泛应用。近年来提出的无基质定时气雾法或喷雾栽培法,在设施、营养液配方及其结薯特点等方面也有了一些初步的研究报道^[1~6],但其结薯的基本机理尚不十分清楚。本试验设计了不同营养液配方及不同的株型调控措施,探讨其结薯的调控机理,为马铃薯微型薯雾化繁育提供理论与技术支持。

1 试验材料与方法

供试马铃薯 (*Solanum tuberosum* L.) 材料为“高原 7 号”、“CIP24”和“ I-1035”3 个品种的无毒试管苗,由西南大学农业部生物技术与作物品质改良重点实验室提供。试验于 2003 年 3~12 月在由雾化槽、栽植板、自动营养液和喷水系统、光照控制系统、温度控制系统等组成的雾化栽培温室中进行。

营养液调控试验以营养液(A)为主区、品种(B)为副区进行 2 因素 3 水平 3 重复的裂区试验设计。其中因素 A 由前期(3 月 28 日~5 月 15 日)营养液和后期(5 月 16 日~6 月 16 日)营养液配制而成 3 套不同的营养液组合,即 A₁、A₂ 和 A₃(见表 1);因素 B 的 3 水平分别为“高原 7 号”(B₁)、“ I-1035”(B₂)和“CIP24”(B₃),共计 9 个处理组合。每处理组合于 3 月 28 日将高度为 6~8cm 的生根试管苗定植于雾化栽培室悬空栽植板上,定植后最初 7d 内设定营养液喷雾时间间隔为白天 30s/15min,夜晚 30s/30min;之后则为白天

^{*} 重庆市科委应用基础研究项目(2001-6868)资助

收稿日期:2005-09-08 改回日期:2005-11-20

30s/30min,夜晚 30s/60min。株型调控试验用上述 A₂B₃ 组合于 2003 年 9 月 15 日在同一雾化栽培室进行植株下放与否(C₁,C₀)、喷施矮壮素(CCC)与否(D₁,D₀)和剪尖与否(E₁,E₀)3 种处理各 2 个水平共 8 个处理组合进行研究(字母下标“1”和“0”分别表示处理和未处理水平)。当植株板上脱毒苗高度为 8~10cm 时(定植后 21d),保留顶端 4 片叶,其余节间剪掉叶片实施 C 处理;当植株板上脱毒苗高度为 15cm 左右时(定植后约 28d),喷施浓度为 2500mg/L CCC 实施 D 处理;当植株板上脱毒苗高度为 20~25cm 时(定植后约 35d),剪去顶芽实施 E 处理。每处理组合各栽植 40 株。同时采取相应措施调节温度、湿度和光照强度,保证马铃薯无毒苗的正常生长。自试管苗定植 7d 发根缓苗后开始,每 7d 随机取样 1 次,每次取样 5 株,4 月 7 日~6 月 16 日共计取样 11 次。取样后洗净并用滤纸吸干备用,以待测定数据。根系体积用排水法测定,根系活力用 TTC 法测定^[7],叶绿素含量用 Z-5300 原子吸收分光光度计测定^[7]。叶、茎、根系、匍匐茎、微型薯等的鲜重、干重以及叶面积系数测定按常规方法。

表 1 营养液处理各因素与水平状况

Tab.1 Factors and levels of the different nutrient media

营养液组合 Media	N:P:K/mmol·L ⁻¹	N/K	NH ₄ ⁺ -N/NO ₃ ⁻ -N
A ₁	66.06:1.25:20.06/58.12:1.25:18.12*	3.3/3.2	0.45/0.55
A ₂	55.47:1.25:19.02/55.00:1.25:15.00	2.9/3.7	0.40/0.60
A ₃	61.87:1.25:15.87/52.54:1.25:23.76	3.9/2.2	0.50/0.40

* 早期/晚期。

2 结果与分析

2.1 营养液调控的结薯生理

通过对马铃薯根系活力的研究表明(表 2):在不同营养液间无论前期末(05-12)或后期末(06-16),均以 A₂ 处理的效应为最大,A₁ 次之,A₃ 最小;且前期末三者间与后期末三者间差异均达到极显著水平。说明 A₂ 营养液能显著提高雾化栽培马铃薯的根系活力。在品种间,前期末以 B₃ 的效应为最大,极显著高于 B₁ 和 B₂,后期末则以 B₁ 的根系活力为最大,极显著高于 B₃ 和 B₂。可见同一品种在雾化栽培马铃薯的不同生育时期其根系活力的差异较大,可能原因来自品种对前后期营养液的反应差异,与品种的遗传特性有关。马铃薯植株前期叶绿素含量均高于后期,且以 A₂ 的效应为最高。而品种对叶绿素含量的影响,前期表现为品种 B₃ 最大,后期表现为 B₁ 最大,B₂ 次之,且均极显著高于 B₃。全生育期马铃薯总光合势(LAD)以 B₃A₂ 组合为最大(245.3m²·d/m²),极显著高于其余处理,而 B₁A₃ 组合光合势最小,为 201.7m²/d·m²,显著低于其他所有组合。表明马铃薯叶绿素含量和光合势受不同基因型的影响,A₂ 营养液和品种 B₃ 对于提高雾化栽培马铃薯的叶绿素含量和光合势,增强植株的光合能力有一定的促进作用。至于后期叶绿素含量的降低可能与叶片的衰老有关。

表 2 不同时期不同处理部分特征值平均数的差异显著性测验*

Tab.2 Significant difference test of some characteristics among treatments at different stages

测定日期 (月-日) Date (month-day)	处 理 Treatments	叶绿素含量/mg·g ⁻¹ Chlorophyll content	根系活力/μg·g ⁻¹ ·h ⁻¹ Root activity	测定日期 (月-日) Date (month-day)	处 理 Treatments	总光合势/m ² ·d·m ⁻² Total LAD
05-12	A ₂	3.14aA	1733.10aA	05-12	B ₁ A ₁	206.0eEF
05-12	A ₁	3.08bB	1717.25aA	05-12	B ₁ A ₂	215.7cdCD
05-12	A ₃	3.03bB	1672.64bB	05-12	B ₁ A ₃	201.7fF
05-12	B ₃	2.99bB	1783.09aA	05-12	B ₂ A ₁	212.5dD
05-12	B ₂	3.15aA	1662.96bB	05-12	B ₂ A ₂	219.5cC
05-12	B ₁	3.11aA	1676.94bB	05-12	B ₂ A ₃	209.4deDE
06-16	A ₂	2.80aA	1499.83aA	06-16	B ₃ A ₁	239.1bB
06-16	A ₁	2.76aAB	1448.77bB	06-16	B ₃ A ₂	245.3aA
06-16	A ₃	2.69bB	1417.87cC	06-16	B ₃ A ₃	235.5bB
06-16	B ₃	2.66bB	1449.04bB		MS	735.351
06-16	B ₂	2.79aA	1438.02bB		F	123.174
06-16	B ₁	2.81aA	1479.41aA			

* 表中数据后小写字母为 P=0.05 显著水平,大写字母为 P=0.01 极显著水平,下同。

前后期马铃薯茎叶干鲜重依营养液处理和品种处理存在差异(图 1),且其差异均表现为后期营养液处理高于前期,且营养液间以 A₂ 处理为最高,显著高于其他营养液,品种间以 B₃ 为最大,显著高于其他品种。表明生育前期并非为马铃薯茎叶生长的主要时期,后期营养液也能显著促进马铃薯茎叶生长,因此生育期末(06-16)植株

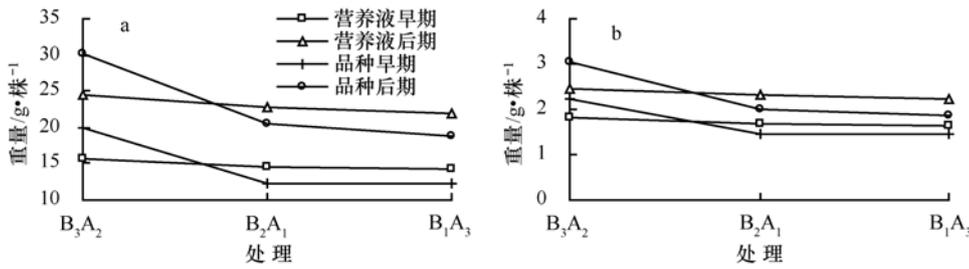


图 1 不同处理马铃薯植株茎叶鲜重(a)与干重(b)变化

Fig.1 Fresh weight (a) and dry weight (b) of stems and leaves of potato under different treatments

干鲜重依然高于生育中期(05-12)。雾化栽培马铃薯植株的茎叶生长既受营养液影响,又与品种有关, B₃A₂ 组合的生长势最强。

通过对马铃薯匍匐茎数、总薯数、总薯重、>2g 薯重和 >2g 薯数变异的分析表明(表 3),不同营养液

处理间除匍匐茎数在 A₂ 与 A₁ 间差异不显著外, A₂ 均极显著高于 A₁ 和 A₃, 且 A₁ > A₃; 同时不同品种间均以品种 B₃ 为最大, 极显著高于 B₂ 和 B₁。说明提高雾化栽培马铃薯的结薯能力以 A₂ 营养液结合 B₃ 品种为最佳。

表 3 不同处理组合间的块茎生长差异显著性测验

Tab.3 Significant difference test of tuber growth among different treatments

处 理	匍匐茎数/个·株 ⁻¹	总薯数/个·株 ⁻¹	总薯重/g·株 ⁻¹	>2g 薯数/个·株 ⁻¹	>2g 薯重/g·株 ⁻¹
Treatments	Stolon number	Total tuber number	Total tuber weight	Number of tubers beyond 2g	Weight of tubers beyond 2g
A ₂	14.11aA	10.78aA	21.86aA	7.11aA	18.13aA
A ₁	13.11aA	9.00bB	20.09bB	5.56bAB	16.86bB
A ₃	10.67bB	7.89cB	18.96cB	4.11cB	15.67cB
B ₃	15.67aA	11.11aA	22.69aA	7.89aA	19.24aA
B ₂	11.33bB	9.00bB	19.14bB	5.22bB	15.69bB
B ₁	10.89bB	7.56cC	19.09bB	3.67cB	15.73bB

2.2 株型调控的结薯生理

由表 4 可知,除单独使用 D 外,其余处理的单独使用或组合对光合势的增加均有促进作用,且以单独使用 E 的作用最强;D 和 E 处理均能降低株高,两者相结合降低株高最大,单独采用 C 处理不会降低株高。C、D、

表 4 “源流库”器官平均值差异显著性测验

Tab.4 Significant difference test of “source, current and sink” among different treatments

处 理	总光合势/m ² ·d·m ⁻²	植株高度/cm	茎叶鲜重/g·株 ⁻¹	根系体积/mL	匍匐茎数/个·株 ⁻¹	块茎数/个·株 ⁻¹
Treatments	Total LAD	Plant height	Fresh weight of shoot	Root volume	Stolon number	Tuber number
C ₀ D ₀ E ₁	232.0aA	43.00bB	26.76abA	3.75dC	6.49eE	5.86cB
C ₁ D ₀ E ₁	227.5aA	44.69bB	26.58abA	17.66aA	12.35aA	8.12aA
C ₀ D ₁ E ₁	227.0aA	41.33bB	28.98aA	4.30cC	7.37dD	6.14bcB
C ₁ D ₁ E ₀	193.5bB	44.50bB	26.94abA	17.00bB	9.39cC	7.81aAB
C ₁ D ₁ E ₁	187.0cB	39.00bB	28.5abA	16.65bB	10.30bB	6.87bB
C ₁ D ₀ E ₀	186.0cB	70.50aA	16.92cB	16.87bB	9.19cC	7.89aAB
C ₀ D ₀ E ₀	175.0dC	23.67aA	16.44cB	2.93eD	4.19fF	2.94dC
C ₀ D ₁ E ₀	166.0eD	44.33bB	26.22bA	4.34cC	7.24dD	5.85cB

E 处理的不同组合对茎叶鲜重的增长均有促进作用, E 处理对茎叶鲜重的增加最有效, 单独的 C 处理增加茎叶鲜重不显著。同样 C、D 和 E 处理的不同组合对根系体积

增长均有促进作用,但 C 处理能显著提高根系体积。C、D 和 E 处理的不同组合对匍匐茎和薯块的增长均有促进作用,但同时 3 种处理结合并不能达到最好的效果,提高结薯数的最佳组合为 C 和 E 处理的结合。

3 小结与讨论

试验研究结果发现,以前期最小、结薯期最大的 N/K 和 NH₄⁺-N/NO₃⁻-N 比值的 A₂ 营养液作为雾培马铃薯的营养液,植株的光合势、叶绿素含量、根系活力、匍匐茎数、总薯数、总薯重以及后期末茎叶的鲜重与干重均为最大,使“源流库”同步增长,最终促进了块茎的形成和膨大,此与 Mitsuru 等^[7]对大田马铃薯植株的研究结果有相似点,但与 Kang 等^[6]在马铃薯气雾法栽培实验中的研究结果却不一致,这可能与品种或对分期营养液的反应差异有关。尽管本试验中 3 个品种均为中晚熟品种,但根系活力和叶绿素含量对 N/K 和 NH₄⁺-N/NO₃⁻-N 比值分期调节的生理反应有所不同,“CIP24”(B₃)品种表现为前期优势、后期弱势的特点,这使其前期和全生育期具备了更高的光合势、更大的茎叶增长和干物质积累,最终表现为较强的干物质转

化能力和结薯能力。因此,为提高雾化栽培马铃薯的产量,有必要进行品种的选择和开发前期最小、结薯期最大的 N/K 和 $\text{NH}_4^+ \text{-N}/\text{NO}_3^- \text{-N}$ 比值的专用营养液。

试验表明,除单独喷施矮壮素降低叶面积外,实施植株下放、喷施矮壮素和剪尖处理的不同组合均能显著增加光合势、降低株高、提高茎叶鲜重、扩大根系体积和结薯能力,但以单独进行剪尖处理对提高光合势的效果最好。激素或剪尖处理对光合势的促进作用可能与植株高度得以控制,营养向侧芽转移,导致分枝和叶面积大量增加有关。下放植株对结薯的促进作用与促进根系发育,使大量侧芽转化为匍匐茎有关。因此,适时采取下放植株、喷施矮壮素以及剪尖处理,控制马铃薯株高,可防止其倒伏,抑制或去除植株的顶端优势,刺激根系、匍匐茎、块茎等下部器官的生长和发育,是提高雾化栽培结薯能力的有效手段。

参 考 文 献

- 1 尹作全,沈德茹,于洪涛,等.马铃薯脱毒小薯无基质喷雾栽培技术研究初报. I .马铃薯脱毒小薯喷雾栽培营养液配方筛选研究.马铃薯杂志,1999,13 (1):13~24
- 2 杨元军,孙慧生,李广存,等.马铃薯脱毒小薯雾培结薯特点及增产效果.园艺学报,2002,29 (4):333~336
- 3 南相日.马铃薯脱毒原原种的工厂化生产——无基质定时气雾栽培法.黑龙江农业科学,2000 (1):26~27
- 4 李功铁,张雅奎,梁 杰,等.气雾法生产马铃薯核心小薯技术研究浅析.马铃薯产业与西部开发.哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2001.78~80
- 5 张永成.马铃薯干物质的变化规律研究.青海农林科技,1998 (1):5~8
- 6 Kang J.G. Growth and tuberization of potato (*S. Tuberosum* L.) cultivars in aeroponics, deep flow technique and nutrient film technique culture system. J. Kor. Soc. Hort. Sci., 1996, 37 (1):24~27
- 7 Mitsuru O. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants. Soil Sci. and Plant Nutr., 1985, 41 (4):709~719