doi：10.11838/sfsc.20180304

不同氮素形态比对雾培马铃薯生长和原原种产量的影响

唐铭霞，王克秀，胡建军，贾巍巍，何　卫*

（四川省农业科学院作物研究所，四川　成都　610066）

摘　要：通过雾培试验研究4种不同比例硝态氮（NO_3^-－N）和铵态氮（NH_4^+－N）对马铃薯品种米拉和川芋802植株生长及原原种生产的影响，为种薯生产的氮肥高效利用提供理论依据。结果表明，定植60 d，全硝态氮处理（0∶4）的植株干物质积累、匍匐茎数量及叶面积指数最高；而增铵营养更利于植株定植60 d后的生长发育，其中铵硝比（2∶2）处理下植株干物质积累、匍匐茎数量、叶面积指数增幅最大，表明块茎形成期全硝态氮更利于植株生长。铵硝比（2∶2）处理下，两个品种的氮积累最高，表明增加一定的铵态氮能增强马铃薯氮素利用率。产量上，全硝态氮处理（0∶4）单株结薯数最高（米拉115.5粒/株，川芋802为42.5粒/株），随铵硝比增大，单株结薯数降低，但大薯比例随之提高，最高为铵硝比（3∶1）处理（米拉64%，川芋802 76%）。因此，全硝态氮能增加结薯数量，增铵能促进马铃薯块茎膨大。

关键词：马铃薯；氮素形态；生长发育；产量

中图分类号：S143.1；S532　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1673－6257（2018）03－0020－06

氮是作物生长必需的营养元素之一，既是植物体最重要的结构物质，又是其生理代谢重要物质－酶的主要成分[1]，对作物产量的贡献率达到40%～50%[2]，故常被认为是决定作物产量的首要因素。植物吸收利用氮素的主要形态是硝态氮（NO_3^-－N）和铵态氮（NH_4^+－N）[3-4]。由于形态差异，植物吸收、贮存、运输、同化两种氮形态的过程不同[5]，导致不同形态氮素对植物生理代谢活动产生不同的影响[6-9]。植物对硝态氮和铵态氮的利用主要是通过影响阴阳离子吸收的平衡状况、根际pH值变化、能量代谢等过程起作用。当供应硝态氮时，植物吸收NO_3^-，为维持电荷平衡，对阳离子的吸收会大于对其他阴离子的吸收，而供应铵态氮时则相反[10]。而当NH_4^+进入根系后，被迅速同化成氨基酸和酞胺，NO_3^-则需先还原为NH_4^+。因此植物吸收同化硝态氮和铵态氮所消耗的能量不同[11-12]。而受到作物遗传特性和营养特点及环境条件差异等影响，不同氮素形态对不同作物生长的影响也不同[13-14]。已有许多研究涉及到不同氮素形态对作物生长发育、有效成分含量及产量的影响[15-17]。通常，适当的铵态氮和硝态氮配施有利于喜硝作物的生长及品质的提高[6-9]。有研究表明，适当的铵态氮和硝态氮配比不仅能促进水稻[6]、菠菜[7]根系对氮素的吸收，且提高了根系和叶片中氮代谢关键酶的活性，使根系吸收的氮素能够较快地被植株同化利用。氮素形态直接或间接影响着光合作用的各个环节[18]，从而影响植株的生长。张伟[19]研究认为，氮素在生长前期作用强于后期，硝态氮对光合作用的效果好于铵态氮。目前国内外对于氮素形态对马铃薯生长发育影响的研究结果有较大分歧。Davis等[20]认为马铃薯为喜硝作物，而国内则有研究认为铵态氮营养的马铃薯产量高于硝态氮营养[21-22]。还有一种观点认为，植物在生长发育过程中，需要不同形态的氮源[23-24]，而Gao等[25]的研究证实，马铃薯不同生育阶段对氮素形态的反应可能不同。

本试验采用雾培法，使用不同铵硝比的营养液（NH_4^+－N∶NO_3^-－N分别为0∶4、1∶3、2∶2、3∶1），对本地有代表性的2个马铃薯品种（米拉、川芋802）进行研究，以期通过对马铃薯产量和干物质积累、叶面积指数（LAI值）等指标的比较分析，为马铃薯氮素营养提供最佳的铵硝比。

收稿日期：2017－07－04；**最后修订日期：**2017－09－28

基金项目：“十三五”四川省薯类育种攻关项目（2016NYZ0032）；四川省财政创新能力提升工程项目（青年基金）。

作者简介：唐铭霞（1982－），女，四川德阳人，助理研究员，硕士，主要从事马铃薯栽培技术及种薯繁育研究。E－mail：tangmingxia777@163.com。

通讯作者：何卫，E－mail：hewei2008@aliyun.com。

1　材料与方法

1.1　试验材料

供试材料为马铃薯品种米拉和川芋 802。

1.2　试验方法与试验设计

试验采用雾培法，于 2016 年 9 月下旬在四川省农科院作物所温网室进行，试验采用完全随机设计，每小区面积 4.2 m×0.9 m，共 210 株脱毒试管苗，其株距 10 cm，行距 15 cm。在供氮水平一致（10.35 mmol/L）的前提下，设计 4 个不同水平的铵硝比（NH_4^+－N∶NO_3^-－N，摩尔浓度比），依次为 0∶4、1∶3、2∶2、3∶1，每处理重复 4 次。硝态氮以 NH_4NO_3、KNO_3 和 $Ca(NO_3)_2$ 作为氮源，铵态氮以 NH_4NO_3 和 NH_4Cl 作为氮源。各处理中除了氮源不同外，磷、钾等含量均完全相同（表 1）。所用试剂均为分析纯。

表 1　各处理大量元素浓度　（mmol/L）

处理	NH_4^+－N（NH_4NO_3/NH_4Cl）	NO_3^-－N［NH_4NO_3/KNO_3/$Ca(NO_3)_2$］	P（KH_2PO_4）	K［KH_2PO_4/KNO_3/K_2SO_4］
0∶4	0.00	10.35	0.72	7.81
1∶3	2.59	7.77	0.72	7.81
2∶2	5.18	5.18	0.72	7.81
3∶1	7.74	2.60	0.72	7.81

1.3　取样与测定方法

根据马铃薯发育过程，定植 30 d 后每 15 d 取样一次，每次取样 10 株，测量匍匐茎数量，块茎形成期（定植 60 d）和块茎增长期（定植 90 d）分别采集测定叶面积指数（LAI，打孔称重法），并且分根、茎、叶和块茎记录鲜质量，105℃杀青 30 min，80℃烘干至恒重，称重并测定定植 90 d 植株全氮含量，全氮采用凯氏定氮法测定；成熟收获期分两次采收，每重复随机调查 30 株结薯数量的平均值，即为单株结薯数量和单株结薯产量，并测定各处理单株收获的原原种合格薯（>1 g）数量。

1.4　数据处理

利用 Excel 2007 对试验数据进行统计做表，并且利用 DPS 15.10 对试验数据进行完全随机二因素方差分析，SNK 法进行多重比较。

2　结果与分析

2.1　不同铵硝配比对马铃薯氮积累的影响

不同铵硝比对马铃薯的氮素吸收利用有显著影响。由图 1 得知，全硝态氮处理氮积累量最低，随着处理中铵态氮比例增加，供试两个品种的全株氮积累量均呈先上升后下降趋势，当铵硝比为 2∶2 时米拉和川芋 802 的全株氮积累量均显著高于其他处理，而铵硝比继续增加到 3∶1 时，则全株氮积累量降低。铵硝比 3∶1 时，米拉块茎中氮积累最高；铵硝比 2∶2 时，川芋 802 块茎中氮积累最高。说明一定的增铵营养对于不同品种马铃薯块茎中氮素积累有促进作用。

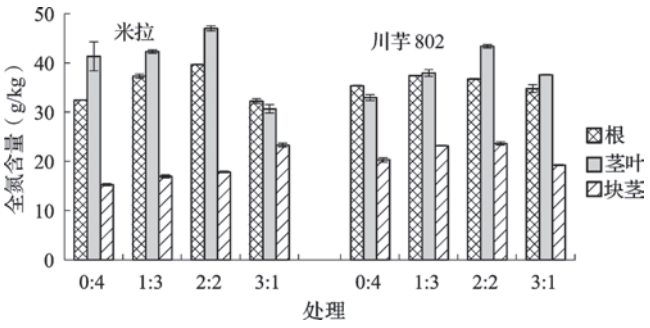

图 1　不同铵硝比对马铃薯定植 90 d 氮积累的影响

2.2　不同铵硝配比对马铃薯干物质积累的影响

不同铵硝比对马铃薯生长影响显著（表 2），处理间马铃薯的干物质积累均达到极显著水平（$P<0.01$），品种间地下部分干物质积累差异达到极显著水平，而地上部分干物质积累差异 60 d 时达到极显著水平，90 d 时差异不显著，马铃薯全株干物质积累在品种和铵硝比之间存在极显著的互作作用。全硝态氮处理植株在定植 60 d 干物质积累最高（米拉 5.39 g，川芋 802 4.14 g），随着铵态氮比例增加，干物质积累逐渐降低，当铵硝比达到 3∶1 时，干物质积累最低，米拉仅为全硝态氮处理的 23.93%，川芋 802 为全硝态氮处理的 63.04%。研究还发现，不同的品种在块茎增长期（60～90 d）对过量增铵的敏感程度是不一样的，定植 90 d，品种米拉在铵硝比为 1∶3 时干物质积累达到最高，为 9.77 g，增加比例为 105.25%，川芋 802 干物质积累则在铵硝比为 2∶2 时最高，为 8.89 g，增加比

例为158.43%，而此时米拉干物质积累增加比例为195.14%，而全硝态氮处理的植株干物质积累速度则显著降低，米拉增幅仅为22.82%，川芋802为89.61%。两个品种在铵硝比为3∶1时，干物质积累最低（米拉5.31 g，川芋802为2.59 g），虽然米拉干物质积累增幅在铵硝比为3∶1最高（311.62%），但因前期生长缓慢，植株干物质积累仍为4个处理中最低，表明增铵虽在马铃薯块茎增长期能促进生长，但有一个适宜量的问题，增铵过多反而会影响植株生长，而全硝态氮对马铃薯块茎形成更有利。

表2　不同铵硝比例供试品种马铃薯干物质积累　（g/株）

	处理	60 d			90 d		
		地上部	地下部	全株	地上部	地下部	全株
米拉	0∶4	2.25 a	3.14 a	5.39 a	1.64 b	4.99 d	6.62 d
	1∶3	1.89 b	2.88 b	4.76 b	2.30 a	7.47 a	9.77 a
	2∶2	1.31 c	1.98 d	3.29 e	2.17 a	7.54 a	9.71 a
	3∶1	0.50 d	0.78 g	1.29 g	1.18 c	4.12 e	5.31 e
川芋802	0∶4	1.83 b	2.31 c	4.14 c	1.83 ab	6.02 c	7.85 c
	1∶3	1.82 b	1.77 e	3.59 d	2.00 ab	6.39 bc	8.39 bc
	2∶2	1.82 b	1.62 e	3.44 de	2.18 a	6.71 b	8.89 b
	3∶1	1.27 c	1.34 f	2.61 f	0.63 d	1.95 f	2.59 f
F值	品种	44.43 **	117.02 **	19.75 **	4.12 ns	48.38 **	32.11 **
	铵硝比	198.45 **	319.26 **	520.57 **	53.51 **	297.45 **	230.42 **
	品种×铵硝比	63.69 **	83.27 **	130.63 **	4.15 *	36.92 **	25.24 **

注：同列数据后不同小写字母表示5%水平差异显著，** 表示差异达极显著水平（$P<0.01$），* 表示差异达显著水平（$P<0.05$），ns表示差异不显著，下同。

2.3　不同铵硝配比对马铃薯叶面积的影响

在叶面积指数上，不同铵硝比之间差异极显著，且品种和铵硝比存在极显著的交互作用（表3）。定植60 d后，马铃薯两个供试品种叶面积指数均随着营养液中铵态氮比例的不断增加而降低，在全硝态氮即处理铵硝比为0∶4时达到最大（米拉1.82，川芋802为1.49）。铵硝比为3∶1时叶面积指数最小（米拉0.36，川芋802为0.89）。而定植90 d时，米拉在全硝态氮处理叶面积指数为1.33，较60 d时降低，川芋802虽有增加，然增量仅为0.04，铵硝比为2∶2时其叶面积指数最大（米拉1.76，川芋802为2.01），铵硝比为3∶1时叶面积指数依然最小（米拉1.00，川芋802为0.61）。结果表明，在块茎增长期适量增加铵态氮比例，可有效增加马铃薯叶面积指数。

表3　不同铵硝比马铃薯植株生长发育指标

	处理	60 d			90 d		
		叶面积指数	二级匍匐茎（株）	一级匍匐茎（株）	叶面积指数	二级匍匐茎（株）	一级匍匐茎（株）
米拉	0∶4	1.82 a	31.67 a	10.92 a	1.33 c	37.08 a	12.00 ab
	1∶3	1.23 c	3.92 f	10.83 a	1.67 b	7.25 e	11.67 ab
	2∶2	1.06 cd	8.75 d	10.25 a	1.76 b	19.58 b	12.58 a
	3∶1	0.36 e	0.83 g	6.58 c	1.00 d	1.50 f	9.50 d
川芋802	0∶4	1.49 b	12.94 b	9.33 b	1.53 b	16.75 c	11.83 ab
	1∶3	1.46 b	10.83 c	8.67 b	1.76 b	14.50 d	10.58 c
	2∶2	1.12 c	12.25 b	8.83 b	2.01 a	18.17 bc	11.17 bc
	3∶1	0.89 d	5.25 e	6.67 c	0.61 e	6.25 e	8.25 e
F值	品种	10.39 **	15.76 **	34.65 **	0.33 ns	31.28 **	24.51 **
	铵硝比	90.48 **	133.40 **	55.49 **	102.71 **	522.46 **	52.32 **
	品种×铵硝比	17.31 **	591.57 **	4.94 **	9.43 **	204.85 **	2.00 ns

2.4　不同铵硝配比对匍匐茎的影响

在马铃薯二级匍匐茎数量上，不同铵硝比处理间达到极显著差异（表3）。定植60 d，全硝态氮处理的两个品种二级匍匐茎数均为最高，分别为米拉31.67株，川芋802为12.94株，而90 d时，虽然全硝态氮二级匍匐茎数仍为最高，但铵硝比为2∶2处理时二级匍匐茎数增加比例最大，米拉增加比例达到123.77%，川芋802达到48.33%。

马铃薯一级匍匐茎数量在4个铵硝比处理间亦达到极显著差异（表3）。一级匍匐茎数量变化与二级匍匐茎数量变化一致（图2），定植后60 d全硝态氮处理最高，米拉为10.92株，川芋802为9.33株，而定植90 d，铵硝比为2∶2处理时，米拉一级匍匐茎数增至最多12.58株，而川芋802虽未达到最大值，但其增加比例最高，为26.50%。

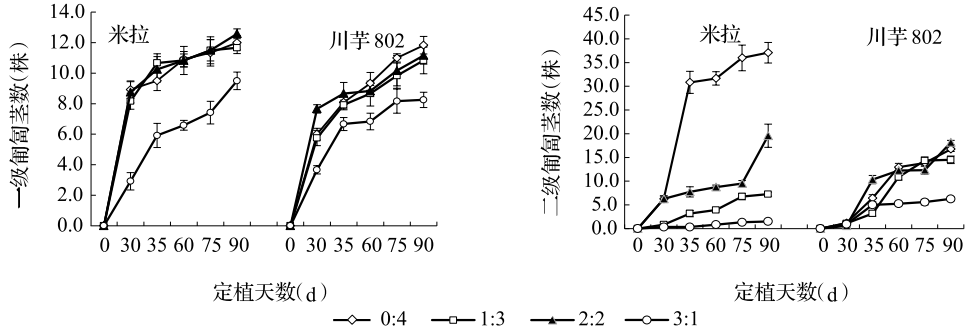

图2　不同铵硝比处理下匍匐茎数量变化

2.5　不同铵硝比对马铃薯单株产量的影响

不同铵硝配比处理和供试品种对马铃薯的单株结薯数均有显著影响（表4）。同一铵硝比处理下不同品种马铃薯之间的产量表现出显著差异。在不同铵硝比处理中，两个供试品种单株结薯最多均为全硝态氮，且单株结薯数随着铵态氮的增加而减少，但其大薯率（即总结薯数中>1 g大薯比例）则与之相反，随着铵态氮增加而增加。因此，硝态氮比例增加有利于提高马铃薯单株结薯潜力，而增铵则有助于马铃薯原原种合格种薯（>1 g）产量的增加。

表4　不同处理单株产量变化

	处理	单株结薯（粒）	单株>1 g合格薯（粒）	大薯率
米拉	0∶4	115.54 a	17.79 d	0.16 g
	1∶3	61.51 b	19.70 b	0.32 f
	2∶2	39.25 cd	17.81 d	0.45 d
	3∶1	33.58 d	21.59 a	0.65 b
川芋802	0∶4	42.45 c	16.40 e	0.39 e
	1∶3	33.83 d	18.83 c	0.56 c
	2∶2	26.35 e	17.25 d	0.66 b
	3∶1	25.28 e	19.26 bc	0.76 a
F值	品种	449.43 **	71.82 **	437.05 **
	铵硝比	247.20 **	103.69 **	375.52 **
	品种×铵硝比	105.70 **	6.45 *	8.56 **

3　讨论

本研究结果表明，不同铵硝比对马铃薯整株氮积累存在显著影响。铵硝比为2∶2时，马铃薯全株氮积累量均最大，因此，一定的增铵营养能增强马铃薯对氮素的利用，促进马铃薯氮积累。许丽[26]也认为，双氮处理的马铃薯植株氮积累显著高于全硝态氮。

有研究表明，在同一氮素水平下，不同氮形态对马铃薯生长有显著影响，铵态氮肥对马铃薯地上干物质积累的增加作用最显著，硝酸铵次之，硝态氮肥最小[22]。一定的增铵能够刺激植物生长并获得更高的干物质积累的原因目前还不十分清楚，但普遍认为可能由于硝态氮的同化首先需要经过一系列还原反应成为铵态氮，因此同化硝态氮比铵态氮耗能更多[27]。但在本试验中，随着铵硝比增加，马铃薯块茎形成期干物质积累逐步降低，即全硝态氮处理的干物质积累最高，而在块茎增长期，铵硝比为1∶3时米拉干物质积累最高，川芋802则在铵硝比为2∶2时干物质积累最高，即块茎形成后，增铵处理的植株干物质积累显著高于全硝态氮处理，因此在块茎增长期，一定的增铵营养更有利于干物质积累，这与前文中提到的水稻等作物的研究结果一致[6-9]，但随着铵态氮的继续增加，马铃薯的干物质积累反而减少，可能由于过量增铵加大了营养

供给中阳离子的含量，从而抑制了植株对 K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}等阳离子的吸收[28]。

叶片作为光合作用的主要场所，是植物进行光合作用的重要器官，其大小在一定程度上反映了植物的生长状况。有研究表明，硝态氮有利于叶片的生长，而铵态氮在一定程度上抑制了叶片的生长[26,29]。马铃薯块茎发生和形成时叶片的光合速率大幅提高，叶片中同化产物外运速度加快，因此马铃薯叶面积的大小直接影响植物光合产物的累积，并对植株生长和产量产生一定影响[30]。Dyson 等[31]研究认为，氮通过影响马铃薯群体的叶面积，增大光合面积，从而影响马铃薯产量。本研究表明，增铵营养在马铃薯块茎增长期有效地增加叶面积。在马铃薯块茎形成期，全硝态氮处理叶面积最大，且干物质积累最高，随着铵态氮的增加，叶面积逐步降低，干物质积累亦随之降低；而在块茎增长期，铵硝比 2∶2 处理叶面积最大，供试品种干物质增加比例也最高；在整个生育期，铵硝比 3∶1 时供试品种叶面积始终最小，干物质积累也最低，则可能由于过量的铵态氮营养阻碍叶片扩展所致[32]。这与许丽[26]研究结果一致。

块茎的生长发育由形成的匍匐茎数量、位置及其发生时间、生长状况来决定[33]。本研究结果表明，不同铵硝比处理对马铃薯一级匍匐茎数量及二级匍匐茎数量影响非常大，且二者形成主要集中于定植后 1～60 d，全硝态氮处理下，一级匍匐茎数量及二级匍匐茎数量均大于其他处理，而定植 60 d 后，全硝态氮处理下一级匍匐茎数量和二级匍匐茎数量的增加速度则明显低于其他增铵处理。Qsaki 等[34]认为，硝态氮对马铃薯匍匐茎的生长有促进作用，而本研究亦认为，马铃薯块茎形成期的全硝态氮营养有助于一级匍匐茎数量和二级匍匐茎数量的增加。

单株结薯数是马铃薯产量的重要指标，但马铃薯脱毒种薯生产需要同时考虑种薯总数和大薯比例，这与种植效益相关。Qsaki 等[34]认为铵态氮能促进马铃薯块茎的膨大，本研究进一步表明块茎增长期提供增铵营养，能有效促进马铃薯块茎的膨大。国内有学者研究认为，块茎形成期供给全硝态氮能增加结薯数量[35]，本研究亦表明全硝态氮供给下，单株结薯数最高，但不合格小薯（<1 g）比例亦最高。因此，供应全硝态氮马铃薯单株结薯数最多，但增铵则促进了合格种薯（>1 g）的增加，随着铵态氮比例的增加，其单株合格种薯数量也呈上升趋势。

4 结论

在本试验条件下，硝态氮有利于马铃薯块茎形成期植株的发育，促进马铃薯单株结薯数的增加，铵态氮对块茎增长期马铃薯块茎的膨大作用显著。因此，在原原种生产中，马铃薯定植后先施用全硝态氮，后期改施铵硝比为 1∶3 的硝铵混合态氮有利于增加合格种薯数量。研究进一步表明，马铃薯不同生育期需要提供的氮素形态并不一致，因此在进行种薯生产时，需充分考虑氮素供应的形态和时间，这对马铃薯种薯生产具有指导意义。

参考文献：

[1] 赵平，彭少麟. 植物氮素营养的生理生态学研究［J］. 生态科学，1998，17（2）：37－42.

[2] 陆景陵，胡霭堂. 植物营养学［M］. 北京：高等教育出版社，2006.

[3] Marschner H. Mineral nutrition of higher plants［M］. London：Academic Press，1995. 229－312.

[4] 李生秀，付会芳. 几种反映旱地土壤供氮能力的方法的比较［J］. 土壤，1990，22（4）：194－197.

[5] Ingestad T，Agren G I. The influence of plant nutrition on biomass allocation［J］. Ecological Applications，1991，1（2）：168－174.

[6] 曹云，范晓荣，孙淑斌，等. 增硝营养对不同基因型水稻苗期硝酸还原酶活性及其表达量的影响［J］. 植物营养与肥料学报，2007，13（1）：99－105.

[7] 汪建飞，董彩霞，沈其荣. 氮素不同形态配比对菠菜体内游离氨基酸含量和相关酶活性的影响［J］. 植物营养与肥料学报，2007，13（4）：664－670.

[8] 董园园，董彩霞，卢颖林，等. NH_4^+－N 部分代替 NO_3^-－N 对番茄生育中后期氮代谢相关酶活性的影响［J］. 土壤学报，2006，43（2）：261－266.

[9] 戴廷波，曹卫星，孙传范，等. 增铵营养对小麦光合作用及硝酸还原酶和谷氨酰胺合成酶的影响［J］. 应用生态学报，2003，14（9）：1529－1532.

[10] Serna M D，Borras R，Legaz F，et al. The influence of nitrogen concentration and ammonium/nitrate ratio on N－uptake，mineral composition and yield of citrus［J］. Plant and Soil，1992，147（1）：13－23.

[11] Scherer H W，MacKown C T. Dry matter accumulation，N uptake，and chemical composition of tobacco grown with different N sources at two levels of K［J］. Journal of Plant Nutrition，1987，10（1）：1－14.

[12] Goyal S S，Huffaker R C. The uptake of NO_3^-，NO_2^-，and NH_4^+ by intact wheat（Triticum aestivum）seedlings：I. Induction and kinetics of transport systems［J］. Plant Physiol，1986，82：1051－1056.

[13] Haynes R J，Goh K M. Ammonium and nitrate nutrition of plants［J］. Biologica Reviews of the Cambridge Philosophical Society，1978，53（4）：465－510.
[14] 黄继茂，段昆生，林碧香，等. 低硝酸盐优质高产叶菜的营养配方研究［J］. 土壤，1990，22（4）：222－224.
[15] 徐子先，秦璐，李银水，等. 铵硝配比对不同芝麻品种苗期生长及养分吸收的影响［J］. 中国油料作物学报，2017，39（2）：204－212.
[16] 邢瑶，马兴华. 氮素形态对烟苗根系生长及氮素利用的影响［J］. 中国烟草学报，2016，22（4）：52－61.
[17] 罗来超，苗艳芳，李生秀，等. 氮素形态对小麦幼苗生长及根系生理特性的影响［J］. 河南科技大学学报（自然科学版），2013，34（4）：81－84.
[18] 曹翠玲，李生秀. 氮素形态对作物生理特性及生长的影响［J］. 华中农业大学学报，2004，23（5）：581－586.
[19] 张伟. 不同形态氮素及苗期补水对旱地马铃薯生长和产量的影响［D］. 兰州：甘肃农业大学，2009.
[20] Davis J M，Loescher W H，Hammond M W，et al. Response of potatoes to nitrogen form and to change in nitrogen form at tuber initiation［J］. Journal of the American Society for Horticultural Science，1986，111：70－72.
[21] 苟久兰，孙锐锋，何佳芳，等. 种植模式和氮肥形态对威芋3号马铃薯产量及品质的影响［J］. 中国马铃薯，2011，25（1）：36－41.
[22] 焦峰，王鹏，翟瑞常. 氮肥形态对马铃薯氮素积累与分配的影响［J］. 中国土壤与肥料，2012，（2）：39－44.
[23] 徐坤，赵青春. 甜椒对不同形态氮素的吸收和分配［J］. 核农学报，1999，13（6）：339－342.
[24] Stevenson F J. Nitrogen in agricultural soils［M］. American Society of Agronomy，1982.
[25] Gao Y，Jia L，Hu B，et al. Potato stolon and tuber growth influenced by nitrogen form［J］. Plant Production Science，2014，17（2）：138－143.
[26] 许丽. 氮素形态及氮磷钾配比对春、秋马铃薯养分积累及产量构成的影响［D］. 成都：四川农业大学，2016.
[27] 潘瑞炽，陈俊贤. 硝态氮和铵态氮对墨兰生长发育的影响［J］. 云南植物研究，1994，（16）：285－290.
[28] Salsac L，Chaillou S，Morotgaudry J F，et al. Nitrate and ammonium nutrition in plants［J］. Plant Physiology & Biochemistry，1987，25：805－812.
[29] 王玉霞. 低温条件下氮素形态对烤烟生理代谢及产量和品质的影响［D］. 福州：福建农林大学，2016.
[30] 张宪法，于贤昌，张凌云，等. 水分对蔬菜生长动态和生理活动的影响［J］. 中国蔬菜，2000，（4）：48－50.
[31] Dyson P W，Watson D J. An analysis of the effects of nutrient supply on the growth of potato crops［J］. Annals of Applied Biology，1971，69（1）：47－63.
[32] Raab T K，Terry N. Nitrogen source regulation of growth and photosynthesis in beta vulgaris L［J］. Plant Physiology，1994，105（4）：1159－1166.
[33] Struik P C，Vreugdenhil D，Haverkort A J，et al. Possible mechanisms of size hierarchy among tubers on one stem of a potato（*Solanum tuberosum* L.）plant［J］. Potato Research，1991，34（2）：187－203.
[34] Qsaki M，Shirai J，Shinano T，et al. Effects of ammonium and nitrate assimilation on the growth and tuber swelling of potato plants［J］. Soil Science & Plant Nutrition，1995，41（4）：709－719.
[35] 苏亚拉其其格，秦永林，贾立国，等. 氮素形态及供应时期对马铃薯生长发育与产量的影响［J］. 作物学报，2016，42（4）：619－623.

Effect of different ammonium/nitrate ratios on potato growth and pre-basic seed production

TANG Ming-xia，WANG Ke-xiu，HU Jian-jun，JIA Wei-wei，HE Wei*（Crop Research Institute，Sichuan Academy of Agriculture Sciences，Chengdu Sichuan 610066）

Abstract：Research was carried out with two varieties（Mira and Chuanyu 802）by aeroponics to study the effects of nitrogen forms on potato growth and mini-tuber yield to reveal the mechanism for efficient use of nitrogen fertilizer in potato seed production. There were four different proportions of nitrate nitrogen（NO_3^-－N）and ammonium nitrogen（NH_4^+－N）. The result indicated that compared with other treatments，the solution with the ratio of NH_4^+－N∶NO_3^-－N（0∶4）accelerated potato vegetative growth，with the highest plant dry matter content，stolon number and leaf area index of potato within 60 days after transplanting. After transplanting 60 days，the enhanced ammonium nutrition was more conducive to the growth and development of potato. And the increase of plant dry matter content，stolon number and leaf area index，were highest when the ratio of NH_4^+－N∶NO_3^-－N was 2∶2. It showed that NO_3^-－N was more favorable for plant at the early stage of growth. The ratio of NH_4^+－N∶NO_3^-－N（2∶2）also improved the nitrogen accumulation of potato，which showed that a certain increase of NH_4^+－N also improved the nitrogen use efficiency of potato. As the NH_4^+－N∶NO_3^-－N ratio of 0∶4，the total number of tubers was 115.5 per plant of Mira and 42.5 per plant of Chuanyu 802 which was higher than the other ratios of NH_4^+－N∶NO_3^-－N. As the increase of the ratio of NH_4^+－N in the nutrient solution，the number of tuber per plant decreased，while the production of qualified mini-tuber increased. Therefore，the total nitrate nitrogen could increase the number of tubers and the enhanced ammonium nutrition could promote potato tuber expansion.

Key words：potato；nitrogen form；growth；yield