

不同铵硝比对 3 种野菜生长和安全及营养品质的影响

梁雄, 彭克勤*, 杨毅

(植物激素与生长发育湖南省重点实验室, 湖南 长沙 410128)

摘要: 采用水培试验, 研究了在等氮(12 mmol/L)条件下不同铵硝比对富贵菜、人参菜、紫背菜 3 种野菜的生长、安全和品质的影响。结果表明: ①随着铵态氮的降低, 3 种野菜地上部鲜重呈逐渐增加的趋势。富贵菜、人参菜在铵硝比为 25 75 时鲜重达最大值, 紫背菜在铵硝比为 0 100 时鲜重达最大值, 人参菜、紫背菜在铵硝比为 25 75 时干重达最大值, 富贵菜在铵硝比为 0 100 时干重达最大值。②不同铵硝比显著影响野菜茎叶中硝酸盐的含量。随着铵态氮的降低, 3 种野菜茎叶中的硝酸盐、亚硝酸盐含量逐渐增加, 适当增施铵态氮有利于降低野菜中硝酸盐、亚硝酸盐的含量。③3 种野菜在铵硝比 75 25 和 50 50 两种处理下, V-C、可溶性糖、可溶性蛋白质含量均处于较高水平。

关键词: 富贵菜; 人参菜; 紫背菜; 配比; 氮素形态; 生物量; 安全性; 营养品质

中图分类号: S143.1 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2011)04-0450-06

Effect of different nitrogen forms on the growth and quality of different potherbs

LIANG Xiong, PENG Ke-qin*, YANG Yi

(Hunan Province's Key Laboratory of Plant Hormones and Growth, Changsha 410128, China)

Abstract: Effects of different nitrogen forms on the growth and quality of the three potherbs including *Gynuradivaricata* (L.) DC., *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaert. and *Gynurabicolor*(ROXB.)DC was studied under solution culture with optimal nitrogen concentration (12 mmol/L). The main results are as follows: ①The fresh weight of shoot of the three potherbs increases gradually with the decrease of the ratio of NH_4^+ NO_3^- under the condition of optimal nitrogen concentration. When the ratio of NH_4^+ NO_3^- is 25 75, the maximum fresh weight is obtained for *Gynuradivaricata* and *Talinum paniculatum*, and the maximum fresh weight is obtained for *Gynurabicolor* when the ratio of NH_4^+ NO_3^- is 0 100. The maximum dry weight is obtained for *Talinum paniculatum* and *Gynurabicolor* when the ratio of NH_4^+ NO_3^- ratio is 25 75, and the maximum dry weight is obtained for *Gynuradivaricata* when ratio of NH_4^+ NO_3^- is 0 100. ②The contents of nitrate and nitrite of the three potherbs increase dramatically and the total amount of free amino acids decreases with the decrease of the ratio of NH_4^+ NO_3^- . As a result, appropriate increase of ammonium application would benefit the decrease of the content of nitrate in potherbs. ③The content of V-C, soluble sugar and soluble protein are in high level when the the ratio of NH_4^+ NO_3^- is 75 25 or 50 50.

Key words: *Gynuradivaricata* (L.) DC. ; *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaert. ; *Gynurabicolor*(ROXB.)DC. ; mixture ratio; nitrogen forms ; biomass ; security; nutritional quality

有研究^[1-3]表明, 在不同氮素形态及配比条件下, 植物由于经历不同的氮同化途径可能导致产量及品质发生变化。笔者以在长沙很受欢迎的3种野

生蔬菜(富贵菜、人参菜、紫背菜)为研究对象, 采用水培试验, 研究了等氮条件下, 不同铵硝比对3种野菜生长形态和生物量、安全品质及营养品质的

收稿日期: 2011-04-06

基金项目: 湖南省教育厅项目(09C507)

作者简介: 梁雄(1982—), 女, 湖南益阳人, 硕士研究生, 主要从事植物矿质营养和植物激素研究, nokia325052@yahoo.com.cn; *通信作者, pkq8055@hunau.net

影响,旨在探索营养液栽培条件下适宜3种野菜优质生长的最适铵硝比,为3种野菜的科学种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

2009年5月于长沙浩博农庄采摘富贵菜、人蔘菜、紫背菜无根幼苗进行土培。

1.2 方法

试验于2009年7月在植物激素与生长发育湖南省重点实验室网室进行。以华南农业大学叶菜B配方^[4](微量元素配方参考陈艳丽等^[5])为基础,于7月20日选取大小均一、长10 cm左右幼苗枝条,基部剪成45°斜面浸入700 mg/L的NAA溶液中30 s,定植于含1/2浓度营养液的塑料桶中进行预培养生根,塑料桶外壁涂1层黑色油漆,每桶3株,重复3次。待植株生根成活并长出4~6片新叶后,于8月5日换成全浓度营养液进行不同铵硝比处理。

采用单因素完全随机设计,在总氮量(N浓度为12 mmol/L)一致的前提下,设5个铵硝比($\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$)处理,分别为:A(100 0)、B(75 25)、C(50 50)、D(25 75)、E(0 100),每个处理3次重复。每天测量1次营养液的pH值,并用0.5 mol/L HCl或NaOH调节pH为6.2左右,温度控制在20~35 °C,相对湿度为45%~65%。采用定时开关电源控制,每天8:00—18:00连续通气10 h,营养液每10 d更换1次。分别于9月20日、10月5日、10月20日收获取样(摘取顶部5片叶),结果为3次取样的平均值。

1.3 样品采集

从每桶中随机选取1株,用蒸馏水洗净,并用

吸水纸吸干植株上水分;测量株高和主根的长度后,从基部将根茎叶分离,分别称量并记录鲜重;于105 °C的烘箱中杀青30 min后,再降温至70 °C烘48 h至恒重,分别称量并记录干重。将烘干植物样品研磨成均匀细粉,备用。

1.4 项目测定方法

3种野菜中硝酸盐及亚硝酸盐含量的测定参照文献^[6]的方法,用连续流动分析仪(德国BRAN+LUEBBE公司制造,Auto Analyzer 3-AA3)测定;V-C含量采用紫外分光光度法^[7]测定;可溶性糖含量(以鲜重计)采用蒽酮比色法^[8]测定;茎叶可溶性蛋白质采用考马斯亮蓝G-250法^[9]测定。

1.5 数据处理

全部试验数据采用Excel 2003计算处理,用DPS数据分析软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同铵硝比对3种野菜生长的影响

观察发现,铵态氮含量50%(A、B、C处理)时,3种野菜株形随着铵态氮的增加呈矮小、皱缩、叶片小、叶缘焦黄等现象,尤其是人蔘菜植株根系发黑,主根短而细,侧根少。铵硝比为25 75和50 50的2个处理,3种野菜株形舒展,叶色浓绿,根系白色,主根长而粗,侧根较多。

由表1可知,随营养液中铵硝比的降低(纯硝除外),3种野菜的株高逐渐增加,铵硝比的下降对富贵菜、紫背菜的影响明显,人蔘菜影响最小。根长受到的影响与株高基本一致,随着铵态氮比例的减少,3种野菜的根长有整体增加的趋势。

表 1 不同处理下野菜的株高和根长

Table 1 Effect of different nitrogen forms on the height and root length

cm

处理	株高			根长		
	富贵菜	人蔘菜	紫背菜	富贵菜	人蔘菜	紫背菜
A	(20.86±0.35)D	(16.34±0.63)C	(24.80±0.88)B	(44.53±1.61)C	(33.15±1.55)B	(44.44±1.64)C
B	(24.85±0.91)C	(20.41±0.93)B	(26.55±0.58)AB	(32.74±1.08)D	(36.49±0.35)B	(48.97±0.33)B
C	(28.90±0.59)B	(23.78±0.68)A	(30.30±0.92)A	(53.94±0.35)AB	(45.30±1.36)A	(49.78±0.34)AB
D	(32.67±1.28)A	(25.14±0.36)A	(30.29±0.33)A	(47.71±0.61)B	(43.17±1.83)A	(52.47±0.62)A
E	(24.38±1.00)C	(24.30±0.34)A	(29.24±0.90)AB	(56.83±0.35)A	(43.99±0.59)A	(51.79±0.61)AB

2.2 不同铵硝比对3种野菜生物量的影响

由表2可知,不同处理间3种野菜不同部位均存在一定的差异,随着营养液中硝态氮比例的增加,3种野菜地上部分的鲜重也逐渐增加,其中25 75处理富贵菜和人参菜产量达最大值。全硝营养下紫背菜产量达最大值。

与鲜重的变化规律不同,随着营养液中硝态氮比例的增加,3种野菜的干重呈现出先减少后增加的趋势(表3),如铵硝比为50 50、25 75两个处理

之间,富贵菜干物质的积累没有显著差异;而铵硝比为25 75处理的人参菜干物质是0 100处理的2.41倍,这表明营养液中铵态氮的比例不高于25%时对人参菜的干物质积累有显著影响;相反的是,铵硝比为75 25、100 0两个处理之间,后者的紫背菜干物质是前者的2.18倍,这表明营养液中硝态氮的比例不高于25%时对紫背菜的干物质积累有显著影响。

表2 不同铵硝比处理野菜的鲜重

Table 2 Effect of different nitrogen forms on the fresh weight

g

处理	富贵菜鲜重			人参菜鲜重			紫背菜鲜重		
	根	茎	叶	根	茎	叶	根	茎	叶
A	(5.53±0.54)C	(14.90±1.31)C	(29.74±9.10)D	(8.38±0.64)B	(38.70±3.91)B	(89.74±4.50)B	(7.83±0.30)C	(23.82±0.53)D	(19.14±1.24)D
B	(11.42±1.91)C	(24.76±17.48)BC	(71.01±4.82)C	(7.63±0.45)B	(30.23±3.01)BC	(82.21±3.28)B	(8.33±0.18)C	(39.04±1.22)C	(20.71±1.28)D
C	(21.45±2.00)B	(44.87±1.70)AB	(81.42±4.44)C	(13.79±0.51)A	(26.18±2.19)C	(69.36±0.39)C	(10.33±1.20)C	(36.15±1.37)C	(332.72±3.83)C
D	(33.24±5.31)A	(62.06±3.57)A	(117.51±6.70)A	(13.94±1.21)A	(49.86±7.03)A	(131.31±4.90)A	(19.51±1.86)B	(43.56±2.75)B	(50.12±4.32)B
E	(29.12±1.82)A	(49.18±2.25)AB	(99.68±9.10)B	(7.81±0.72)B	(15.06±1.20)D	(57.89±3.99)C	(35.50±1.53)A	(63.75±0.70)A	(64.94±3.48)A

表3 不同铵硝比处理野菜的干重

Table 3 Effect of different nitrogen forms on the dry weight

g

处理	富贵菜干重			人参菜干重			紫背菜干重		
	根	茎	叶	根	茎	叶	根	茎	叶
A	(0.76±0.02)B	(2.25±0.20)B	(4.55±0.29)A	(0.61±0.02)B	(3.46±0.45)B	(3.78±0.34)B	(0.45±0.07)B	(2.57±0.40)C	(4.33±0.25)A
B	(0.58±0.07)BC	(2.07±0.14)BC	(3.77±0.40)BC	(0.62±0.06)B	(1.92±0.22)C	(3.59±0.39)B	(0.50±0.06)B	(1.46±0.19)D	(1.41±0.23)B
C	(0.45±0.06)C	(1.66±0.10)CD	(3.71±0.43)BC	(0.88±0.02)A	(2.76±0.57)BC	(4.26±0.21)A	(0.49±0.05)B	(3.00±0.18)B	(4.22±0.29)A
D	(0.70±0.05)B	(1.54±0.07)D	(3.30±0.21)C	(0.92±0.06)A	(5.37±0.31)A	(4.30±0.29)A	(0.93±0.07)A	(3.48±0.31)A	(4.21±0.25)A
E	(1.61±0.17)A	(2.61±0.31)A	(4.11±0.21)AB	(0.51±0.05)C	(1.21±0.17)D	(2.97±0.07)C	(0.44±0.07)B	(2.86±0.29)BC	(4.06±0.41)A

2.3 不同铵硝比对3种野菜安全品质的影响

不同的铵硝比显著地影响了野菜茎叶中的硝酸盐含量(图1)。随着营养液中硝态氮比例的增加,3种野菜体内硝酸盐含量逐渐增加,铵硝比超过75 25,硝酸盐含量上升很快,全硝处理硝酸盐含量极显著地高于其他处理,接近甚至超过国家相关食品安全标准。而随着溶液中铵态氮含量的增加,硝酸盐含量相应减少,说明铵态氮的存在对3种野菜体内硝酸盐的积累有明显的抑制作用,营养液中的硝态氮是造成3种野菜硝酸盐积累的主要原因;因此,以适当的铵硝比例作为氮源,比单一用硝态氮作为氮源有利于降低无土栽培蔬菜的硝酸盐含

量。从铵硝比0 100到25 75,3种野菜茎叶中硝酸盐的含量分别降低了44.62%、62.94%、55.5%。由此可见,在这个范围内,硝态氮对人参菜硝酸盐的含量影响显著,适量增施铵态氮能有效控制硝酸盐的积累。

中国农科院依据联合国粮农组织和世界卫生组织对食品硝酸盐摄入量的规定,提出卫生评价标准:蔬菜可食部分中硝酸盐含量低于432 mg/kg,允许生食;32~785 mg/kg不宜生食;785~1440 mg/kg生食和盐渍均不宜;1440~3100 mg/kg熟食也不允许;因此,从营养液培养的角度,在铵硝比低于50 50的范围内,3种野菜的硝酸盐含量均<1000 mg/kg,均

达到安全食用的标准。

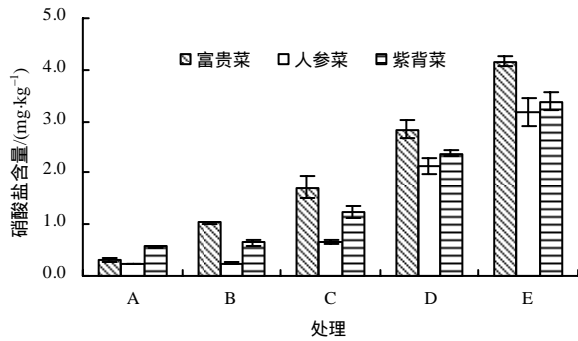


图 1 不同处理下 3 种野菜茎叶的硝酸盐含量

Fig.1 Effect of different nitrogen forms on nitrate content of the stems and leaves

中国对食品中亚硝酸盐限量卫生标准(GB 18406.1—2001)规定,新鲜蔬菜中亚硝酸盐(以 NaNO₂ 计)含量应 ≤ 4 mg/kg。随着铵态氮比例的降低,硝态氮比例升高,3 种野菜茎叶中亚硝酸盐的含量也逐渐升高,这与铵硝比对其硝酸盐含量的影响规律基本一致(图 2)。在全硝配比时,富贵菜茎叶中的亚硝酸盐含量最高,人参菜、紫背菜茎叶中的亚硝酸盐含量低于富贵菜,且 ≤ 4 mg/kg;在铵硝比为 25 : 75 时,3 种野菜的亚硝酸盐含量都低于国家规定的限量标准,但考虑到亚硝酸盐对人体的危害,在蔬菜栽培时应尽力做到科学施肥,根据茎叶中亚硝酸盐含量与营养液中铵硝比的关系,在无土栽培时,可以通过铵态氮、硝态氮配施的方法,以保证 3 种野菜中亚硝酸盐含量保持在较低水平。

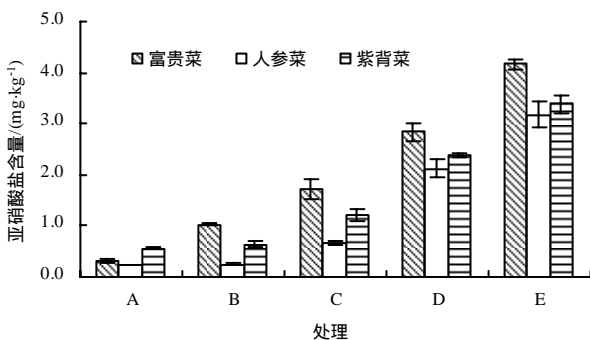


图 2 不同处理下 3 种野菜茎叶的亚硝酸盐含量

Fig.2 Effect of different nitrogen forms on nitrite content of the stems and leaves

2.4 不同铵硝比对 3 种野菜主要营养品质的影响

图 3 结果表明,不同形态氮素及配比对 3 种野

菜 V-C 含量影响相似,呈现“中间高,两头低”的态势,富贵菜和紫背菜中 V-C 在铵硝比 75 : 25 时达最高值,人参菜在 50 : 50 达到最高值。纯硝态氮处理时,V-C 含量最低,适量增铵有利于提高 3 种野菜中的 V-C 含量。全硝处理的富贵菜、人参菜、紫背菜的 V-C 含量均显著低于其他 4 个处理,分别只有最高值的 57.14%、49.8%、50.1%。人参菜在铵硝比为 50 : 50 处理 V-C 含量显著高于富贵菜和紫背菜。

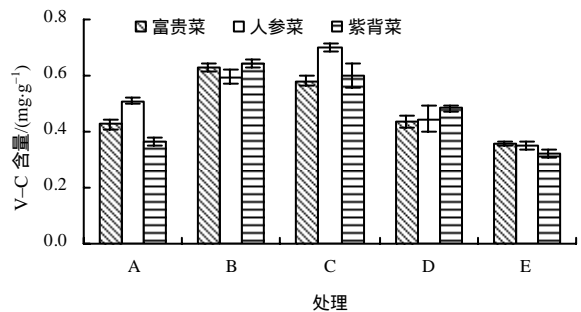


图 3 不同处理下 3 种野菜的 V-C 含量

Fig.3 Effect of different nitrogen forms on the content of V-C

随着铵态氮的减少,人参菜、紫背菜茎叶中可溶性糖含量显著降低,紫背菜全铵处理茎叶可溶性糖的含量最高,而富贵菜和人参菜在铵硝比 75 : 25 时茎叶可溶性糖的含量最高,全铵处理富贵菜体内可溶性糖含量最低,仅为全硝处理的 57.4%(图 4)。不同铵硝比对富贵菜可溶性糖含量的影响较人参菜、紫背菜更加明显。

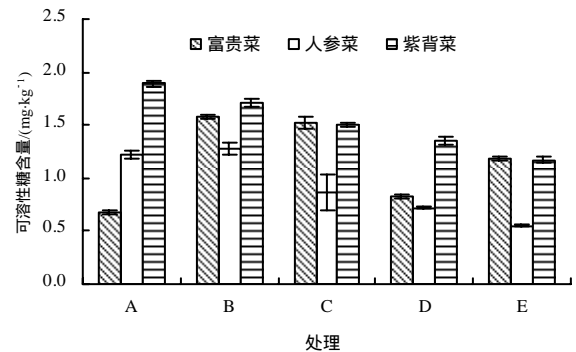


图 4 不同处理下 3 种野菜的可溶性糖含量

Fig.4 Effect of different nitrogen forms on the content of soluble sugar

由表 4 可知,5 个不同的铵硝比处理,3 种野菜的可溶性蛋白质含量均随着铵态氮的降低呈先

增加后下降的趋势, 富贵菜在铵硝比为 75 25 处理中可溶性蛋白质含量最高, 人参菜、紫背菜在铵硝比为 50 50 处理中可溶性蛋白质含量达到最高值, 而全硝处理的人参菜、紫背菜中可溶性蛋白质含量均显著低于其他 4 个处理。在同一形态氮素配比条件下, 紫背菜可溶性蛋白质的含量均高于富贵菜和人参菜。

表 4 不同处理下 3 种野菜的可溶性蛋白质含量
Table 4 Effects of different nitrogen forms on the content of soluble protein

处理	可溶性蛋白质含量 mg/g		
	富贵菜	人参菜	紫背菜
A	(18.07±1.12)B	(19.91±4.27)AB	26.67±5.73
B	(25.82±1.64)A	(20.66±3.90)A	26.89±3.18
C	(19.25±1.42)B	(22.97±3.42)A	28.31±2.88
D	(15.73±0.76)B	(18.51±3.27)B	25.74±4.10
E	(18.00±1.05)B	(11.55±2.77)C	21.35±3.46

3 讨论

氮是植物必需的生长元素。植物从土壤中吸收的主要是 NH_4^+ 和 NO_3^- 等无机氮源^[10-11], 这2种氮素形态及不同比对蔬菜生长发育、生物量积累和次生代谢有较大的影响。关于氮素形态及比对蔬菜作物生长和品质的影响已有很多报道^[12-13]。汪建飞等^[14]在菠菜方面的研究表明, 在硝态氮为主的前提下, 增施适量铵态氮不会显著降低菠菜干物质积累。李先信等^[15]在脐橙方面的研究表明, NO_3^- 能有效地促进植株对所吸收的 NH_4^+ 的利用, 但 NO_3^- 的积累却不会产生对植株的毒害作用。本研究结果表明, 富贵菜、人参菜在铵硝比25 75处理时鲜重达最大值, 紫背菜在0 100处理达最大值, 硝态氮能够促进这3种野菜的生长和干物质的积累。3种野菜对铵硝比的响应存在差异。

人体摄取的硝酸盐有81.2%来自于蔬菜^[16-18]。硝酸盐和亚硝酸盐含量是衡量蔬菜安全品质的指标。Santasmaria等^[19]的试验结果表明, 提高营养液中铵硝比可降低生菜硝酸盐含量。本试验结果表明, 增加铵的比例有利于降低蔬菜中硝酸盐的积累。此结果与杨成君等^[20]、艾绍英等^[21]的研究结果

一致。按照国家食品卫生标准(GB19338—2003), 叶菜中硝酸盐含量 3 000 mg/kg(以鲜重计), 根据无公害蔬菜安全要求(GB18406.1—2001), 亚硝酸盐(以 NaNO_2 计)含量 4.0 mg/kg(以鲜重计)。本试验结果表明, 铵硝比25 75和0 100这2种处理不适合3种野菜营养液培养。

V-C含量是蔬菜的重要营养指标之一。张春兰等^[2]报道, 菠菜中V-C含量随铵态氮的降低而减少。杨月英等^[22]在番茄上也得出同样的结果。而汪建飞等^[14]报道, 铵硝配施时菠菜体内V-C含量最高, 全铵和全硝处理都会降低V-C含量。本试验结果表明, 富贵菜和紫背菜在铵硝比75 25处理时达最大值, 而人参菜在铵硝比50 50处理达最大值。

铵硝比明显影响3种野菜体内可溶性糖的含量。本研究中紫背菜的可溶性糖含量与卢凤刚等^[23]在非菜方面的研究结果一致, 纯铵态氮处理的可溶性糖含量最高。富贵菜中可溶性糖在铵硝比75 25处理达最大值, 人参菜高铵处理下可溶性糖含量明显高于高硝处理, 且铵硝比100 0和75 25处理差异不显著。

本研究结果表明, 人参菜和紫背菜的可溶性蛋白质含量变化趋势一致, 在铵硝比50 50时达最大值, 全铵处理高于全硝处理。富贵菜的可溶性蛋白质含量在铵硝比75 25达最大, 全铵处理和全硝处理差异不显著。

在水培条件下, 高硝态氮处理能促进3种野菜生长及生物量的积累, 但也会促进体内硝酸盐、亚硝酸盐的积累; V-C、可溶性糖和可溶性蛋白质在铵硝比75 25到50 50内含量较高。因此, 综合考虑铵硝比对3种野菜生长、安全品质和营养品质等的影响, 在适宜3种野菜生长的氮素水平下, 铵态氮的比例不宜低于全氮量的50%。

参考文献:

- [1] 段英华, 张亚丽, 沈其荣. 增营营养对不同基因型水稻苗期吸铵和生长的影响[J]. 土壤学报, 2005, 42(2): 260-265.
- [2] 张春兰, 高祖明, 张耀栋, 等. 氮素形态和铵态氮与

- 硝态氮比对菠菜生长和品质的影响[J]. 南京农业大学学报, 1990, 13(3): 70-74.
- [3] 田霄鸿, 王朝辉, 李生秀. 不同氮素形态及比对蔬菜生长和品质的影响[J]. 西北农业大学学报, 1999, 27(2): 6-10.
- [4] 陈艳丽, 高新生, 李绍鹏, 等. 热带地区水培荆芥营养液配方的筛选研究[J]. 广东农业科学, 2010(7): 87-89.
- [5] 陈艳丽, 高新生, 李绍鹏. 不同形态氮素替代部分硝态氮对水培小白菜的生长和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 306-309.
- [6] GB5009.33—2010, 食品安全国家标准食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
- [7] 张立科, 田水泉. 紫外可见分光光度法测定果蔬中的维生素C[J]. 河北化工, 2009, 32(1): 50-52.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [9] 曲春香, 沈颂东, 王雪峰, 等. 用考马斯亮蓝测定植物粗提液中可溶性蛋白质含量方法的研究[J]. 苏州大学学报, 2006, 22(2): 82-85.
- [10] 李新鹏, 童依平. 植物吸收转运无机氮的生理及分子机制[J]. 植物学通报, 2007, 24(6): 714-715.
- [11] 蒋名川, 解淑贞. 蔬菜施肥[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 3-4.
- [12] 杜猛军, 张建仪, 赵福康. 不同硝态氮与铵态氮比例对生菜的产量和品质的影响[J]. 杭州农业科技, 1992(4): 1-3.
- [13] 刘高琼, 李式军. 酰胺态氮对水培白菜产量和硝酸盐积累影响的季节性差异[J]. 南京农业大学学报, 1993, 16(2): 111-113.
- [14] 汪建飞, 董彩霞, 沈其荣. 不同铵硝比对菠菜生长、安全和营养品质的影响[J]. 土壤学报, 2007, 44(4): 683-688.
- [15] 李先信, 黄国林, 陈宏英, 等. 不同形态氮素及其对比对脐橙生长和叶片矿质元素含量的影响[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2007, 33(5): 622-625.
- [16] 赵建平. 蔬菜硝酸盐积累生理机制研究进展[J]. 中国农学通报, 2005(1): 93-96.
- [17] 李海云, 邢禹贤, 王秀峰. 蔬菜硝酸盐积累的控制措施[J]. 长江蔬菜, 2001(4): 8-9.
- [18] 唐建初, 刘钦云. 湖南省蔬菜硝酸盐污染现状调查及食用安全评价[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(6): 672-676.
- [19] Santamaria P, Elia A, Parente A, et al. Fertilization strategies for lowering nitrate content in leafy vegetable, Chicory and rocket salad cases [J]. Plant Nutr, 1998, 21(9): 1791.
- [20] 杨成君, 朴凤植. 氮素形态及其对比对营养液培生菜生长与硝酸盐含量的影响[J]. 北方园艺, 2007(5): 5-7.
- [21] 艾绍英, 姚建武. 不同氮源条件下生菜的硝酸盐还原特性研究[J]. 仲恺农业技术学院学报, 2001, 14(1): 18-21.
- [22] 杨月英, 张福慢, 乔晓军. 不同形态氮素对基质培番茄生育、产量及品质的影响[J]. 华北农学报, 2003, 18(1): 86-89.
- [23] 卢凤刚, 郭丽娟, 陈贵林, 等. 不同氮素形态及对比对韭菜产量和品质的影响[J]. 河北农业大学学报, 2006, 29(1): 27-30.

责任编辑: 刘目前