不同形态氮素比例对不同小白菜品种生物量和硝酸盐含量的影响*

陈　巍　罗金葵　姜慧梅　沈其荣-
(南京农业大学资源与环境科学学院, 南京　210095)

摘　要　利用 NO_3^--N∶NH_4^+-N 为 100∶0、50∶50 和 0∶100 三个硝铵配比的营养液对 12 个不结球小白菜品种进行水培试验。结果表明: 不同的硝铵配比对不同品种小白菜的生物量、叶绿素 SPAD 值、硝酸盐积累量等有着显著的影响, 同一氮源培养下不同的小白菜品种间也表现出显著的差异; 12 个小白菜品种叶绿素 SPAD 值随营养液中的 NH_4^+-N 比例的增加而升高, 两者间存在着显著的正相关; 单株生物量除亮白叶 1 号和五月慢在全硝培养中生物量较其他两种配比大外, 其他 10 个品种均在 50∶50 硝铵营养液中表现最好; 供试的 12 个小白菜品种中有 9 个品种的硝酸盐积累量随着 NH_4^+-N 比例的增加而下降, 表明适当地配施铵态氮较纯硝营养液能获得更好的产量、更高的叶绿素 SPAD 值和较低的硝酸盐积累量。

关键词　小白菜; 硝酸盐积累量; 叶绿素 SPAD 值; 硝铵比例
中图分类号　S63　　文献标识码　A

随着人们生活水平的提高, 硝酸盐和亚硝酸盐对人体的影响愈来愈受到重视。据报道, 人体摄取的硝酸盐中 81.2% 来自蔬菜[1], 而不结球小白菜是人们食用的主要蔬菜, 因此小白菜的硝酸盐积累量不容轻视。许多研究证明, 蔬菜不同品种间的硝酸盐含量存在很大差异[2, 3]。Frederick 等对菠菜的研究表明, 叶型(皱、滑) 不同的菠菜品种间硝酸盐含量存在着较大的差异[4]。陈新平等的研究认为, 在生物量一致的情况下, 不同品种间硝酸盐含量的差异主要是由于硝酸还原酶活性的差异所造成的[5], 而硝酸还原酶活性受遗传基因所控制[6, 7]。因此通过品种筛选和适当的育种技术, 达到降低小白菜硝酸盐含量具有很大的潜力可挖。

NH_4^+-N 与 NO_3^--N 是植物的两种主要矿质氮源。有人认为, 大多数作物 NH_4^+-N 与 NO_3^--N 配合施用较单独施用效果好, 其最佳配比随作物生育期不同而不同[8]。艾绍英等利用 ^{15}N 示踪技术研究了铵硝营养对蔬菜体内的硝酸盐积累的影响, 结果表明, 增加铵的比例有利于降低蔬菜中的硝酸盐积累[9]。NO_3^--N 被吸收后根际 pH 值升高, 易导致铁和其他微量元素供应不足, 叶绿素含量降低, 影响产品的商品价值。而适当提高肥料中的 NH_4^+-N 比例, 可以降低氮素的流失, 减少对水体的污染。但有关不结球小白菜不同品种间对氮素形态利用研究还未见相关报道。

本研究采用液体培养方法, 利用铵硝不同配比的营养液对长江流域有代表性的 12 个不结球小白菜品种进行研究。希望通过对单株生物量、硝酸盐积累量和叶绿素 SPAD 值等的比较分析, 为小白菜氮素营养的最佳配比和筛选较优的基因型提供理论依据。

1　材料与方法

本实验在南京农业大学资源与环境科学学院温室进行。试验选用长江流域常见的 12 个不结球小白菜品种作为供试品种, 分别是上海青、矮抗青、四月慢、热优 2 号、申宝青 2 号、矮抗 5 号、绿星、暑绿、寒笑、亮白叶 1 号、五月慢及抗热 605。实验设 3 个 NO_3^--N∶NH_4^+-N 配比, 分别是 100∶0(全硝, N1)、50∶50(硝铵, N2) 和 0∶100(全铵, N3), 其他 16 种必需元素按照 Hogland 营养液配入。于 10 月 9 日播种, 至 12 月 16 日全部收获。

育苗在秧盘中进行, 将 12 个不结球小白菜品种

* 国家自然科学基金项目(30270790) 资助
- 通讯作者, E-mail: qrshen@njau.edu.cn
作者简介: 陈　巍(1963~), 男, 副教授, 博士生, 研究方向为植物氮素营养和区域土壤资源利用
收稿日期: 2003-05-16; 收到修改稿日期: 2003-07-28

的种子播于盛有石英砂的育苗盘中, 每穴两粒, 于温室中育苗, 定期浇水, 分别用总氮为 1 mmol L^{-1} 三个配比的营养液喷洒。11 月 7 日移栽, 水培容器为 5L 的周转箱, 每箱装营养液 4.5 L, 上覆带 12 个孔的塑料盖板, 每孔定植一棵小白菜(植株四周用海绵包扎), 重复 3 次。每 7 d 更换一次营养液, 开始两次用 2.5 mmol L^{-1} 总氮的营养液, 以后改用 5 mmol L^{-1} 总氮的营养液, 白天利用增氧泵进行连续增氧, 为抑制铵氮的硝化作用, 在三个配比的营养液中均加入硝化抑制剂($C_2H_4N_4$), 浓度为 7 μmol L^{-1}[10]。其间每天将 pH 调至 6.4 左右[11]。

12 月 10 日上午 10 时左右采用日产 SPAD-502 型叶绿素计测定叶绿素 SPAD 值。12 月 16 日全部收获, 测定鲜重后, 地上部磨成匀浆脱色后用流动分析仪测定硝酸盐积累量[12, 13]。

2　结果分析

2.1　不同 NO_3^--N/ NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种生物量的影响

三种硝铵配比的营养液对 12 种小白菜的生长影响相当大(表 1), 全铵培养效果最差, 其生物量比 N1(全硝) 和 N2(50∶50 硝铵) 配比培养均呈现极显著减少, 表明小白菜不适宜在全铵营养液中生长; 除亮白叶 1 号和五月慢以外, 其余 10 个小白菜品种单株生物量均以 N2 培养为最大, 而且各处理之间单株生物量的差异都达到极显著水平(SSR 法)。寒笑与抗热 605 在三种氮源培养下生物量均较大, 呈现出较强的长势, 对硝铵的偏好性不太明显; 而上海青、热优 2 号和绿星在三种氮源培养下生物量均较小。

表 1　不同 NO_3^--N/ NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种生物量的影响

Table 1　Effects of different NO_3^--N/ NH_4^+-N ratios on the biomasses of the 12 cultivars of Chinese cabbages (FW, g $plant^{-1}$)

N 源 N sources	上海青 Shanghaiqing	矮抗青 Aikangqing	四月慢 Shiyueman	热优 2 号 Reyou 2	申宝青 2 号 Shenbaoqing 2	矮抗 5 号 Aikang 5
N1	10.99±0.92 b	13.02±0.32 b	13.90±1.22 a	11.99±0.79 b	11.22±0.51 b	13.66±0.61 b
N2	16.20±0.89 a	15.52±0.48 a	14.73±0.25 a	15.78±1.21 a	16.09±0.50 a	17.72±0.60 a
N3	2.47±0.23 c	2.85±0.00 c	3.15±0.10 b	3.57±0.01 c	2.23±0.05 c	3.34±0.09 c
N 源 N sources	**绿星 Luxing**	**暑绿 Shulu**	**寒笑 Hanxiao**	**亮白叶 1 号 Liangbaiye 1**	**五月慢 Wuyueman**	**抗热 605 Kangre 605**
N1	10.25±0.53 b	13.60±0.95 b	14.66±0.23 b	15.20±0.20 a	13.81±0.05 a	17.67±0.17 b
N2	14.33±0.13 a	16.02±0.33 a	17.92±1.71 a	11.86±1.26 b	12.76±0.68 a	20.16±0.39 a
N3	2.67±0.09 c	3.47±0.02 c	5.38±0.52 c	4.71±0.10 c	2.85±0.39 b	3.36±0.37 c

注: 表中不同字母表示差异显著性 Note: Different letters indicate a significant difference at $p < 0.05$

表 2 给出 12 种小白菜在全硝、全铵培养与 50∶50硝铵培养的单株生物量的比值。以 50∶50 硝铵培养的处理生物量为对照, 可以看出, 不同品种间的差异较大。亮白叶 1 号与五月慢在全硝处理下的生物量较大, 表现出极好的增硝效应。其余品种在全硝培养时适当增铵普遍提高了小白菜的产量, 特别是上海青、申宝青 2 号和绿星等几个品种增产明显。但当增铵超过 50% 时所有品种产量都明显下降, 生长明显受阻; 相对而言, 寒笑与亮白叶 1 号耐铵毒害的能力较强。总体上, 供试的 12 个小白菜品种在全硝培养下生物量均显著大于全铵培养下小白菜生物量, 因而小白菜是偏好硝态氮的, 因为在由全铵逐渐增加硝态氮比例过程中, 小白菜生物量都逐渐增加, 这与前人的研究结果一致。在硝态氮培养下增加一定量的铵有助于小白菜的生长, 因为在由全硝逐渐增加铵态氮的比例过程中, 小白菜生物量除亮白叶 1 号和五月慢两品种外也逐渐增加, 这说明同时提供硝态氮和铵态氮并注意配比, 能使绝大多数品种小白菜增产。

表 2 不同氮源小白菜单株鲜量之比

Table 2 The rate of fresh matter weight per plant of cabbages with different N-sources

N 源 N sources	上海青 Shanghaiqing	矮抗青 Aikangqing	四月慢 Shiyueman	热优 2 号 Reyou 2	申宝青 2 号 Shenbaoqing 2	矮抗 5 号 Aikang 5
N1/N2	68	84	94	76	70	77
N3/N2	15	18	21	23	14	19
N 源 N sources	绿星 Luxing	暑绿 Shulu	寒笑 Hanxiao	亮白叶 1 号 Liangbaiye 1	五月慢 Wuyueman	抗热 605 Kangre 605
N1/N2	72	85	82	129	108	88
N3/N2	19	22	30	40	22	17

2.2 不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种叶绿素 SPAD 值的影响

叶绿素 SPAD 值在一定程度上反映出植株体内当时的氮素营养状况。表 3 显示, 12 种供试小白菜的叶绿素 SPAD 值在不同氮源培养下存在明显差异, 同种氮源下不同的品种间也表现出一定的差异。对于叶绿素的形成而言, 铵态氮是一种高效的无机氮源, 因为同一氮浓度处理下, 叶绿素 SPAD 值随铵浓度的增加而增加(即全铵培养> 50∶50 硝铵培养> 全硝培养) , 且三种氮源处理下同种小白菜叶绿素 SPAD 值间的差异均达到极显著水平。表 3 还显示, 供氮形态的变化能改变相同品种小白菜的叶绿素含量, 但不能改变其不同品种间的差异趋势, 说明基因型是决定叶绿素含量的最主要因素。

表 3 不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对小白菜叶绿素 SPAD 值的影响

Table 3 Effects of different NO_3^--N/NH_4^+-N ratios on chlorophyll content (SPAD readings) of the 12 cultivars of Chinese cabbages

N 源 N sources	上海青 Shanghaiqing	矮抗青 Aikangqing	四月慢 Shiyueman	热优 2 号 Reyou 2	申宝青 2 号 Shenbaoqing 2	矮抗 5 号 Aikang 5
N1	31.7±0.97 c	30.4±0.71 c	29.5±0.41 c	28.9±0.28 c	27.4±0.18 c	32.7±0.38 c
N2	33.1±0.68 b	34.2±1.27 b	33.1±0.65 b	31.8±0.52 b	30.5±0.15 b	35.3±0.42 b
N3	43.9±1.41 a	44.0±1.60 a	41.8±0.71 a	38.4±1.11 a	37.6±1.07 a	43.4±0.79 a
N 源 N sources	绿星 Luxing	暑绿 Shulu	寒笑 Hanxiao	亮白叶 1 号 Liangbaiye 1	五月慢 Wuyueman	抗热 605 Kangre 605
N1	32.9±0.28 c	37.9±1.23 c	31.8±0.43 c	27.3±0.48 c	32.6±0.87 c	33.5±0.67 c
N2	34.6±0.55 b	40.0±1.34 b	33.2±0.47 b	31.5±0.20 b	35.4±1.40 b	37.9±1.04 b
N3	42.3±0.79 a	51.5±1.42 a	41.6±0.72 a	40.0±1.14 a	41.9±0.98 a	43.7±1.12 a

注: 表中不同字母表示差异显著性 Note: Different letters indicate a significant difference at $p < 0.05$

2.3 不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种植株硝酸盐积累量的影响

三种铵硝配比对 12 种小白菜的硝酸盐积累量影响差异相当大(表 4) , 处理间差异达到极显著水平($F = 43\ 287.33 > F_{0.01(2,70)} = 4.92$) (F 检验) 。总体上 50∶50 硝铵处理的小白菜体内硝酸盐含量较全硝处理的小, 全铵培养下体内硝酸盐累积量极低, 可见适当的增铵能降低植株体内硝酸盐的积累。全硝处理下, 不同小白菜品种体内硝酸盐的积累量之间存在着一定的差异, 部分品种间的差异达到显著水平($p < 0.05$) ; 亮白叶 1 号、绿星及矮抗青等品种的硝酸盐含量极显著地较其他品种高, 而五月慢则显著地较其他品种低。50∶50 硝铵处理下, 不同小白菜品种间也存在着一定的差异, 部分品种间的差异也达到显著水平($p < 0.05$) 。亮白叶 1 号、上海青及热优 2 号等品种的硝酸盐含量显著地高于其他品种, 而五月慢则显著地低于其他品种。

表 4　不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对小白菜体内硝酸盐含量的影响

Table 4　Effects of different NO_3^--N/NH_4^+-N ratios on nitrate content of the 12 cultivars of Chinese cabbages (FW, mg kg^{-1})

品种 Cultivars	N 源 N resources		
	N1	N2	N3
上海青 Shanghaiqing	1 057.26±23.26 g	1 129.95±2.37 b	17.37±0.98 a
矮抗青 Aikangqing	1 197.52±19.03 c	917.97±26.36 g	6.97±1.38 a
四月慢 Shiyueman	1 091.01±23.43 ef	992.34±26.95 e	5.34±0.50 a
热优 2 号 Reyou 2	1 058.72±8.69 g	1 105.03±17.59 c	6.34±1.95 a
申宝青 2 号 Shenbaoqing 2	1 110.95±3.53 e	1 018.48±27.45 d	7.77±0.78 a
矮抗 5 号 Aikang 5	1 157.25±17.26 d	923.58±28.49 g	7.75±0.62 a
绿星 Luxing	1 224.79±18.62 b	929.68±43.51 g	5.42±0.25 a
暑绿 Shulu	1 078.30±28.52 f	1 017.02±36.58 d	5.53±0.06 a
寒笑 Hangxiao	1 092.92±1.52 ef	959.62±5.45 f	6.40±0.59 a
亮白叶 1 号 Lianghaiye 1	1 291.14±4.09 a	1 178.85±27.24 a	6.60±0.74 a
五月慢 Wuyueman	948.85±2.62 h	975.12±14.68 f	6.09±0.39 a
抗热 605 Kangre 605	1 162.56±7.52 d	827.67±17.49 h	6.44±0.11 a

注: 表中不同字母表示差异显著性 Note: Different letters indicate a significant difference at $p < 0.05$

3　讨　论

3.1　不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种生物量的影响

研究结果表明, 适当的增铵能够使大部分品种的小白菜增产, 其中上海青、申宝青及绿星等品种增铵的效果极为显著。但对于亮白叶 1 号和五月慢品种, 增加 50% 的铵并不能增产, 可见不同的品种对增铵的效应是不同的。另一方面, 不同品种的小白菜耐铵毒的能力也不同。亮白叶 1 号耐铵毒的能力显然较其他品种强。

实验结果还表明, 寒笑与抗热 605 在三种氮源培养下生物量均较大; 而上海青、热优 2 号和绿星在三种氮源培养下生物量均较小, 说明不同的硝铵配比并不能改变某些基因型小白菜的生长势, 因此通过品种筛选可望得到所需要的小白菜基因型。

3.2　不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种叶绿素 SPAD 值的影响

本实验结果表明, 叶绿素 SPAD 值与铵浓度有关。Evellene 等通过对菠菜研究认为, 与单一 NO_3^--N 营养相比, 单一 NH_4^+-N 营养使作物叶片伸展受阻, 叶片变小[14]。叶片的变小可能是叶绿素浓度增大的主要原因。Theodore 和 Norman Terry 对甜菜叶绿素 SPAD 值的研究表明, 相对于硝态氮来说, 铵态氮没有改变单位叶面积内的叶绿体数, 而是增大了叶绿体的体积, 从而增大了单位面积中叶绿素的含量及可溶性蛋白的含量[15]。因而我们认为, 同等氮浓度水平下营养液中铵态氮的比例增加, 导致了小白菜体内铵态氮浓度的增加, 进而提高了叶绿素合成前体谷氨酸或 α-酮戊二酸的含量, 促进了叶绿素的合成[16]。同时, 小白菜体内的脱铵毒机制(GO-GOGAT 系统) 使小白菜体内的糖主要用于铵的脱毒合成蛋白质[17], 故而提高了铵培小白菜叶绿体中可溶性蛋白的含量。雷泽湘等人对草莓的研究表明, 叶绿素 SPAD 值在 27.7~ 44.4 之间时, 叶片含氮量与 SPAD 值呈正相关[18], 本研究的小白菜叶绿素 SPAD 值也处于上述范围。不论铵态氮比例与叶绿素 SPAD 值之间有一定关系是何机理, 可以肯定的是: 增铵能使叶色变深, 生产出较为美观的蔬菜, 这为生产高绿蔬菜提供了启示。然而增铵到何种程度既不会影响产量又能得到较为绿色的蔬菜有待进一步试验。

3.3　不同 NO_3^--N/NH_4^+-N 比例对不同小白菜品种地上部硝酸盐积累的影响

硝酸盐积累主要是由于硝态氮供应所致。由于是水培实验, 小白菜容易吸收营养, 故本实验中小白菜的硝酸盐含量普遍较高。实验表明, 增铵能明显地降低绝大部分小白菜的硝酸盐含量, 这可能是在供应同等氮的条件下, 增铵使小白菜减少了对硝态

氮的吸收,从而降低了体内硝酸盐的含量,但至今尚无相关报道证明这一点。试验表明,不同品种的小白菜硝酸盐积累量是不同的。本实验中的五月慢和抗热605等品种是硝酸盐低积累型,且产量也较高,而亮白叶1号则属于硝酸盐富积型,产量也较低。这些结果为寻找氮高效基因型并利用遗传育种技术培育低硝酸盐积累量和高产品种提供了参考。

参 考 文 献

[1] 沈明珠,翟宝杰,东惠茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究Ⅰ. 不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价. 园艺学报,1982,(4):41~47. Shen M Z, Zhai B J, Dong H R. Study on nitrate content of vegetables Ⅰ. Estimate on nitrate and nitrite content of different vegetables (In Chinese). Acta Horticulturae Sinica, 1982,(4):41~47

[2] Djurovka M, Lazie B, Markovie V. General characters of spinach varieties suitable for industrial processing. Acta Horticulturae, 1988, 220: 159~164

[3] Stulen I, Steege M W T. Nitrate accumulation in spinach varieties. *In*: Proc. of the Inter. Cong. of Plant Physiology. Vol. 2. New Delhi, India, 1990. 1046~1049

[4] Frederick C Olday, Allen V Barkeer, Donald N Maynard. A physiological basis for different patterns of nitrate accumulation in two spinach cultivars. J. Am. Soc. Hort. Sci., 1976, 101(3):217~219

[5] 陈新平,邹春琴,刘亚萍,等. 菠菜不同品种累积硝酸盐能力的差异及其原因. 植物营养与肥料学报,2000,6(1):30~34. Chen X P, Zou C Q, Liu Y P, *et al*. The nitrate content difference and the reason among four spinach varieties (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2000,6(1):30~34

[6] Hoff T, Stummann B M, Henningsen K W. Structure, function and regulation of nitrate reductase in higher plants. Physiologia Plantarum, 1992, 84(4):616~624

[7] Sander L, Jensen P E, Back L F, *et al*. Structure and expression of a nitrate reductase gene from bean (*Phyaseolus vulgaris*) and promoter analysis in transgenic tobacco. Plant Molecular Biology, 1995, 21(1):165~177

[8] Reddy K S, Mills H A, Jones J B Jr. Corn responses to post-tasseling nitrogen deprivation and to various ammonium/nitrate ratios. Agronomy Journal, 1991, 83:201~203

[9] 艾绍英,姚建武,罗晓红,等. 蔬菜硝酸盐的还原转化特性研究. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):40~43. Ai S Y, Yao J W, Luo X H, *et al*. Study on the nitrate reduction characteristics of vegetables (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2002,8(1):40~43

[10] 何文寿,李生秀,李辉桃. 六种作物不同生育期吸收铵硝态氮的特性. 作物学报,1999,25(2):221~226. He W S, Li S X, Li H T. Characteristics of absorbing ammonium and nitrate nitrogen of six crops at different growth stages (In Chinese). Acta Agronomica Sinica, 1999,25(2):221~226

[11] 王瑜,范双喜,孙良先,等. 庭院蔬菜无土栽培. 北京:海洋出版社,2000. 137. Wang Y, Fan S X, Sun L X, *et al*. Hydroponical Cultivation of Garden Vegetables (In Chinese). Beijing: China Ocean Press, 2000. 137

[12] 牛森主编. 作物品质分析. 北京:中国农业出版社,1992. 184. Niu S. Analysis of Crop Quality (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1992. 184

[13] 邹瑜主编. 植物生理生化实验指导. 北京:中国农业出版社,1995. 27. Zou Y. A Guide for Plant Physiological Biochemical Experiment (In Chinese). Beijing: China Agriculture Press, 1995. 27

[14] Steingrover E, Woldendorp J, Sijtsma L. Nitrate accumulation and its relation to leaf elongation in spinach leaves. Journal of Experimental Botany, 1986, 37(181):1093~1102

[15] Theodore K Raab, Norman Terry. Nitrogen source regulation of growth and photosynthesis in *Beta vulgaris* L. Plant Physiol., 1994, 105: 1159~1166

[16] 潘瑞炽,董愚得编. 植物生理学. 北京:高等教育出版社,1995. 76~77. Pan R C, Dong Y D. Plant Physiology (In Chinese). Beijing: China Higher Education Press, 1995. 76~77

[17] 莫良玉,吴良欢,陶勤南. 高等植物GS/GOGAT循环研究进展. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):223~231. Mo L Y, Wu L H, Tao Q N. Research advances on GS/GOGAT cycle in higher plants (In Chinese). Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2001, 7(2):223~231

[18] 雷泽湘,艾天成,李方敏,等. 草莓叶片叶绿素含量、含氮量与SPAD值间的关系. 湖北农学院学报,2001,21(2):138~140. Lei Z X, Ai T C, Li F M, *et al*. The relationships between SPAD readings with the contents of chlorophyll and nitrogen in strawberry leaves (In Chinese). Journal of Hubei Agricultural College, 2001, 21(2):138~140

EFFECTS OF DIFFERENT NO_3^--N/NH_4^+-N RATIOS ON THE BIOMASS AND NITRATE CONTENT OF DIFFERENT CULTIVARS OF CHINESE CABBAGES

Chen Wei　Luo Jinkui　Jiang Huimei　Shen Qirong*

(College of Resource and Environmental Sciences, Nanjing Agric. Univ., Nanjing　210095, China)

Abstract　Twelve cultivars of Chinese cabbages were hydroponically grown with three different NO_3^--N/NH_4^+-N ratios, i.e., 100∶0, 50∶50 and 0∶100. The result showed that different NO_3^--N/NH_4^+-N ratios had a great effect on the fresh matter weight, chlorophyll content (SPAD readings) and nitrate content of the 12 cultivars of Chinese cabbages. In the same nitrogen source the difference was also significant among the different cultivars. The chlorophyll content of the cabbages increased with the increasing NH_4^+-N/NO_3^--N ratio. Except Liangbaiye 1 and Wuyueman both of which had a higher fresh matter weight in a pure nitrate solution than the other solutions with 0∶100 or 50∶50 NO_3^--N/NH_4^+-N ratios, the other 10 cultivars of the cabbages grew best in the solutions with 50∶50 NO_3^--N/NH_4^+-N. In most of the cabbages the nitrate content decreased significantly with the increasing of NH_4^+-N/NO_3^--N ratio. In conclusion, a proper NO_3^--N/NH_4^+-N ratio could not only increase the biomass weight and chlorophyll content but decrease the nitrate content of Chinese cabbages as well.

Key words　Chinese cabbage; Nitrate content; Chlorophyll content; NO_3^--N/NH_4^+-N ratio