

不同氮素形态及配比对娃娃菜产量、品质及其养分吸收的影响

周箬涵,郁继华,杨兵丽,胡琳莉,李录山,胡云飞,张国斌

(甘肃农业大学 园艺学院,甘肃 兰州 730070)

摘要:采用大田试验研究了不同氮素形态及配比(不施肥、硝态氮:铵态氮依次为 10:0,7:3,5:5,3:7,0:10、酰胺态氮、当地施肥)对娃娃菜产量、品质和植株养分吸收的影响。结果表明:配施处理(NO_3^- -N: NH_4^+ -N 为 5:5 时)促进娃娃菜产量显著提高,可取得较好的经济效益。硝态氮肥易增加娃娃菜中硝酸盐的积累,增施铵态氮能有效降低硝酸盐积累,促进可溶性蛋白、可溶性糖以及可溶性固形物含量的增加。 NO_3^- -N: NH_4^+ -N 在 3:7~0:10 可有效减少娃娃菜叶片中硝酸盐含量,增加可溶性糖含量;在 5:5~3:7 内有利于增加可溶性蛋白的含量;CK2(当地施肥)和 T4(NO_3^- -N: NH_4^+ -N 为 3:7)处理则有利于提高可溶性固形物的含量。施氮肥可以促进娃娃菜氮、磷、钾的吸收,其中铵态氮较有利于氮的吸收,而硝态氮有利于钾的吸收,但在不同时期磷含量受氮源的影响变化不一致。综上,硝态氮肥与铵态氮肥在 5:5~3:7 内时,娃娃菜可获得较高的品质 and 经济效益。

关键词:娃娃菜;氮素形态;产量;品质;养分吸收

中图分类号:S143.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2015)03-0216-07

doi:10.7668/hbxb.2015.03.037

Effects of Different Nitrogen Forms and Ratios on Yield, Quality, and Nutrient Uptake of Mini Chinese Cabbage

ZHOU Ruo-han, YU Ji-hua, YANG Bing-li, HU Lin-li, LI Lu-shan, HU Yun-fei, ZHANG Guo-bin

(College of Horticulture, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: A field experiment was conducted to study the effects of different nitrogen forms and their ratios (no-fertilize, NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio 10:0, 7:3, 5:5, 3:7, 0:10, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ -N, local traditional fertilizing amount) on the yield, quality and nutrient (N, P, and K) absorption of Mini Chinese Cabbage. The results were as follows: In different ratio of NO_3^- -N: NH_4^+ -N, when NO_3^- -N: NH_4^+ -N for 5:5, the yield and economic benefit could improve significantly. The nitrate content was increased with increasing nitrate-N, decreasing ammonium-N. The soluble protein content, the soluble sugars content and the soluble solids were promoted with increasing ammonium-N. When the NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio was ranged from 3:7 to 0:10, respectively, the accumulation of nitrate in Mini Chinese Cabbage was reduced, while the soluble sugars content was promoted. When the NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio was ranged from 5:5 to 3:7, as well, the soluble protein content could be promoted. CK2 (local traditional fertilizing amount) and T4 (NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio 3:7) were good for increasing the soluble solids content. N fertilization increased the absorption of N, P and K in plants. Throughout the entire growth period, NH_4^+ -N fertilization improved the plant N content, whereas NO_3^- -N fertilization improved the plant K content. At different growth stages, the effects of different N sources on plant P content varied. It was suggested that the NO_3^- -N: NH_4^+ -N ratio ranged from 5:5 to 3:7 could improve the quality and economic return of Mini Chinese Cabbage.

Key words: Mini chinese cabbage; Nitrogen form; Yield; Quality; Nutrient absorption

氮素是植物体内许多重要有机化合物的组成成分,对植物生命活动以及作物产量、品质和养分积累

收稿日期:2015-03-07

基金项目:甘肃省自然科学基金项目(145RJZA201);国家自然科学基金项目(31260473);国家大宗蔬菜产业技术体系项目(CARS-25-C-07)

作者简介:周箬涵(1989-),女,甘肃张掖人,在读硕士,主要从事蔬菜生理与栽培技术研究。

通讯作者:张国斌(1977-),男,甘肃武威人,副教授,博士,主要从事蔬菜栽培生理及设施作物生产的教学和研究。

均有极其重要的影响。氮素营养在农业生产中的供应主要是铵态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)、硝态氮($\text{NO}_3^-\text{-N}$)、酰胺态氮 3 种形态^[1]。在环境条件和养分水平保持一致的情况下,氮素的形态不同,对植物生长发育和养分吸收的影响不同。张春兰等^[2]研究发现,对于蔬菜作物,硝态氮和铵态氮配合使用效果优于单施效果,其最佳比例随作物种类和作物生育期的不同而异;除了铵态氮外,适当比例的酰胺态氮素对蔬菜的产量和品质也有一定的影响。任广涛等^[3-5]的研究证明,在营养液中添加一定比例的酰胺态氮可以促进水培蔬菜的生长发育,增加产量,提高品质。不同形态氮肥对蔬菜体内硝酸盐的积累也有较大的影响^[6-7]。艾绍英等^[8]利用¹⁵N 示踪技术研究了铵硝营养对蔬菜体内硝酸盐积累的影响,结果表明,增加铵的比例有利于降低蔬菜中硝酸盐积累。作物的高产和优质以较高的生物量为前提,而生物量积累以养分吸收为基础^[9-10],张富仓等^[11]发现,调节适宜的氮素形态比例,有利于作物生长和品质提高以及对水分和养分的吸收利用。李会合^[12]研究表明,降低营养液中 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 比例,增加 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 比例可提高莴笋全氮含量,而对全磷和全钾的影响不一致。目前,国外在氮素形态对植物生长发育影响方面的研究已有许多,国内有关研究报道也较多^[13],但不同氮素形态以及其施用配比对娃娃菜生长发育、生理生化以及产量、品质影响方面的有关研究相对较少。

娃娃菜 (*Brassica pekinensis*) 是一种袖珍型小株白菜,属十字花科芸薹属白菜亚种,为半耐寒性蔬菜。目前市场上的品种主要引自韩国和日本^[14-16]。娃娃菜是重要的蔬菜作物。近年来,随着世界市场对娃娃菜需求的不断扩大和农业结构调整的逐步深入,特别是随着人们对娃娃菜营养价值的逐步认识,娃娃菜已受到广大菜农的青睐,成为农民增收的一个优良品种,种植面积逐年增加。但由于缺乏对其

栽培技术方面的系统性研究,致使娃娃菜产量低、品质差,严重影响其产业化发展。为此,本试验以娃娃菜为试验材料,在等氮量的条件下,研究不同氮形态及配比对娃娃菜产量、品质和养分吸收的影响,以期 为当地娃娃菜生长确定适宜的氮素形态、提供理论依据和技术指导。

1 材料和方法

1.1 试验时间和地点

本试验于 2014 年 4-6 月底在兰州市榆中县三角城乡化家营村进行。该地区年平均气温 6.57℃,年降雨量 400 mm 以上,无霜期 200 d 左右。供试土壤为壤土,地势平坦,地力均匀。耕层(0~20 cm)基本理化性质:全氮 0.12 g/kg、全磷 6.4 g/kg、全钾 27.75 g/kg、有效磷 31.69 mg/kg、速效钾 1 749.3 mg/kg、碱解氮 0.256 g/kg、pH 值 8.03、电导率 240 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 。室内试验在甘肃农业大学蔬菜生理与栽培实验室进行。

1.2 试验材料

1.2.1 供试品种 娃娃菜,品种金城夏黄,2004 年由兰州市榆中县城关镇农技站从北京华耐种子有限公司引进。

1.2.2 供试肥料 过磷酸钙(含 P16%)、硝酸钾(含 N 13%、含 K 46%)、碳酸氢铵(含 N 17.2%)、硫酸钾含(K 25%)、尿素(N 46%)、复合肥、磷酸二铵。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验小区面积为 24 m²,采用随机区组设计,设 8 个处理(表 1),3 次重复。过磷酸钙作为底肥一次性施入,氮肥总量的 30% 作为底肥,35% 于莲座期追施,35% 于现蕾初期追施,田间管理均与当地传统种植方式相同。4 月 22 日定植,采用一垄双行半膜栽培模式,垄宽 50 cm,沟宽 40 cm,株距 25 cm,同年 6 月底完成大田试验。

表 1 试验设计

Tab.1 Experiment design

处理 Treatment		肥料配比 Fertilizer ratio
CK1	不施肥	不施肥
T1	$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=10:0$	KNO_3 141.53 kg/hm ²
T2	$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=7:3$	KNO_3 99.07 kg/hm ² + NH_4HCO_3 32.09 kg/hm ²
T3	$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=5:5$	KNO_3 70.76 kg/hm ² + NH_4HCO_3 53.48 kg/hm ²
T4	$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=3:7$	KNO_3 42.46 kg/hm ² + NH_4HCO_3 74.88 kg/hm ²
T5	$\text{NO}_3^-\text{-N}:\text{NH}_4^+\text{-N}=0:10$	NH_4HCO_3 106.97 kg/hm ²
T6	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2\text{-N}$	尿素 40 kg/hm ²
CK2	当地施肥习惯	复合肥 40 kg/hm ² + 二铵 65 kg/hm ²

注:除空白对照 CK1 外,其余 7 个处理的氮、磷、钾含量均相同,用硫酸钾平衡了各处理间的钾肥差异。
Note:Contents of N,P and K in the other seven treatments was the same except for CK1,and differences of K content among the eight treatments was balanced by K₂SO₄.

1.3.2 测定指标 待娃娃菜产品器官达到采收标准后采收,用电子天平称重(精确度为 0.1 g),统计小区总产量,然后折算出产量。取可食部分进行品质的测定:硝酸盐含量采用硝基水杨酸法^[17]测定,可溶性糖含量用蒽酮比色法测定^[17],可溶性蛋白含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定^[17],可溶性固形物含量用型号 BM-2WAJ 型的阿贝折射仪测定。取娃娃菜全株,分为地上部和地下部,分别在 105 ℃ 杀青 0.5 h 后 75 ℃ 烘干再用高氯酸-硫酸消煮,测定氮、磷、钾养分含量:植株全氮采用凯氏定氮仪(海能 K1100 型)蒸馏法测定,植株全磷用磷钼蓝比色法测定,植株全钾用火焰光度计法测定^[17-19]。

1.3.3 数据分析 采用 SPSS 17.0 软件进行处理间差异显著性分析($\alpha = 0.05$),采用 Excel 2010 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同氮素形态及配比对娃娃菜产量的影响

由表 2 可知,在等氮量施肥条件下,不同氮素形态及配比施肥对娃娃菜产量有明显影响。与空白(CK1)相比,施肥均引起娃娃菜生物产量和经济产量的增加。硝态氮与铵态氮配合施用的增产效果大

于其单施,其中以 T3 处理的生物和经济产量最高,较对照 CK1,经济产量增产 43.7%,生物产量增产 31.9%。T2 和 T4 分别较对照经济产量增产 33.4%,28.1%,生物产量增产 21.2%,17.5%,与对照差异均达到显著水平;除尿素(T6)外,单一氮源处理(T1 和 T5)增产效果较差。单施尿素处理(T6)较对照经济产量增产 22.8%,生物产量增产 17.5%,与对照差异也均达到显著水平;硝态氮(T1)与铵态氮(T5)比对照经济产量增产 19.7%,16.9%,生物产量增产 14%,7.1%,其中铵态氮处理(T5)产量低于当地施肥(CK2),但差异不显著。娃娃菜的经济产量与生物产量在各处理间的变化规律一致。

2.2 不同氮素形态及配比对娃娃菜品质的影响

2.2.1 硝酸盐含量 由图 1 可以看出,施用氮肥明显增加了娃娃菜中硝酸盐的含量。其中全硝处理(T1)硝酸盐含量显著高于 CK1。与全硝处理相比较,增加铵态氮肥有助于降低叶片中硝酸盐含量。随着铵态氮含量的逐渐增加,娃娃菜中硝酸盐含量逐渐下降,下降幅度达 10.2%~48.1%,其中以全铵处理(T5)的硝酸盐含量最低。酰胺态氮肥(T6)以及当地施肥(CK2)处理中娃娃菜硝酸盐含量较全硝处理有效下降 17.2%,14.3%,但与 CK1 差异显著。

表 2 氮素形态对娃娃菜产量的影响

Tab.2 Effects of different nitrogen forms and matching on yield formation of the Mini Chinese Cabbage					
处理 Treatment	单株重/g Plant weight	单株净重/g Net weight	生物产量/(t/hm ²) Biomass yield	经济产量/(t/hm ²) Economic yield	经济系数/% Harvest index
CK1	1 887.8d	897.3c	176.98d	84.13c	47.55
T1	2 153.0bc	1 074.2b	201.84bc	100.70b	50.01
T2	2 288.3b	1 197.5ab	214.53b	112.27ab	52.24
T3	2 491.3a	1 289.7a	233.56a	120.91a	51.79
T4	2 217.8b	1 149.8ab	207.92b	107.79ab	51.90
T5	2 021.2cd	1 049.3b	189.48cd	98.38b	51.81
T6	2 217.3b	1 102.0b	207.87b	103.31b	49.62
CK2	2 027.8cd	1 056.7b	190.11cd	99.06b	52.28

注:同一列内标以不同字母表示差异达到 5% 显著水平。表 3~5 同。
Note: Values followed by different letters represented significantly different at 0.05 probability level. The same as Tab.3-5.

2.2.2 可溶性蛋白含量 由图 1 可以看出,与空白对照 CK1 相比,硝态氮肥(T1)和酰胺态氮肥(T6)处理显著降低了娃娃菜中可溶性蛋白含量,较 CK1 分别降低 17.6%,11.1%,且其他处理的可溶性蛋白含量均有所增加,增幅为 4.3%~10.2%。与单一形态氮肥处理相比,配施处理娃娃菜中可溶性蛋白含量较高,且随铵态氮含量的增加,娃娃菜可溶性蛋白含量呈先升高后降低的趋势,其中 T4 含量最高,比 CK1 增加了 10.2%,比 CK2 增加了 5.8%。

2.2.3 可溶性糖含量 可溶性糖含量是衡量娃娃

菜品质的重要指标,图 1 结果表明,随着处理中铵态氮含量的增加,娃娃菜可溶性糖含量也逐渐上升,全铵处理下(T5)含量最高,达 1.83%,显著高于 CK1 和 CK2。单施尿素(T6)和硝态氮(T1),娃娃菜中的可溶性糖含量低于其他氮素形态配比、CK1 和 CK2。

2.2.4 可溶性固形物含量 由图 1 可以看出,随着处理中铵态氮比例的增大,娃娃菜体内可溶性固形物含量先增加,随后又减少,全铵态氮培养下娃娃菜体内可溶性固形物显著高于全硝态氮处理,可见适当的增铵能增加植株体内可溶性固形物的积累。

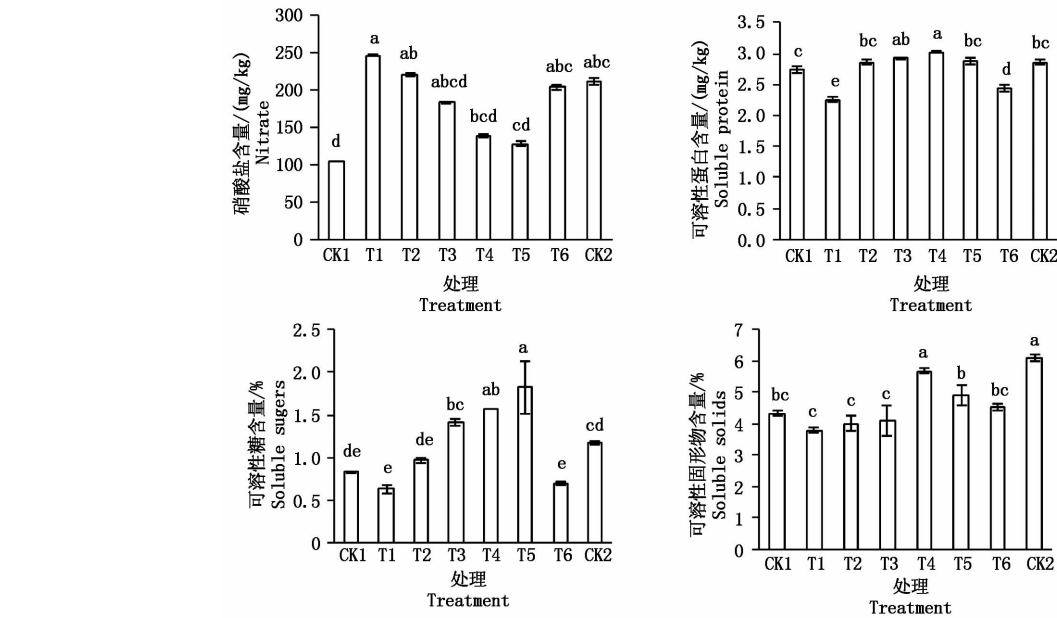


图 1 不同氮素形态及配比对娃娃菜品质的影响

Fig. 1 Effects of different nitrogen forms and matching on quality of the Mini Chinese Cabbage

2.3 不同氮素形态及配比对娃娃菜养分吸收的影响

2.3.1 氮素形态对娃娃菜不同时期氮素吸收的影响 氮素形态及配比影响着娃娃菜对氮素的吸收,从表 3 的数据看出,各处理不同部位的全氮含量总体上为地上部>地下部。不同时期娃娃菜氮含量总体上表现为:莲座期>苗期>成熟期,地上部与地下部在同一时期趋势相同,除 T1 外,其他几种不同施肥模式均能一定程度促进娃娃菜植株氮素吸收的增

加。苗期各处理间氮素含量呈现先上升后下降的趋势,T4 和 T5 处理最高,说明增铵能有效增加植株中氮素的吸收。莲座期全铵态氮(T5)处理最好,显著高于 CK1,地上部和地下部分别比 CK1 增加了 51.9%,37.7%。成熟期氮素含量呈波动变化,其中 T3 处理植株地上部和地下部氮含量明显高于其他处理,显著高于 CK1 和 CK2,较 CK1 分别增加 23.0%,24.1%,较 CK2 分别增加 28.9%,33.6%。

表 3 氮素形态对娃娃菜不同时期氮素吸收的影响

Tab. 3 Effects of different nitrogen forms and matching on N uptake of the Mini Chinese Cabbage at different stages g/kg

处理 Treatment	地上部 Shoot			地下部 Root		
	苗期 Seeding stage	莲座期 Rosette stage	成熟期 Mature stage	苗期 Seeding stage	莲座期 Rosette stage	成熟期 Mature stage
CK1	0.424 ± 0.01d	0.557 ± 0.02c	0.402 ± 0.02cde	0.406 ± 0.01de	0.464 ± 0.02cd	0.378 ± 0.01d
T1	0.404 ± 0.01d	0.548 ± 0.02c	0.362 ± 0.01e	0.383 ± 0.02e	0.445 ± 0.02d	0.342 ± 0.01e
T2	0.502 ± 0.01c	0.569 ± 0.32c	0.482 ± 0.04ab	0.425 ± 0.01de	0.502 ± 0.03cd	0.439 ± 0.01b
T3	0.506 ± 0.02c	0.649 ± 0.01bc	0.495 ± 0.01a	0.456 ± 0.01cd	0.582 ± 0.01ab	0.469 ± 0.01a
T4	0.597 ± 0.01a	0.626 ± 0.01bc	0.411 ± 0.01cde	0.565 ± 0.02a	0.516 ± 0.02c	0.387 ± 0.01cd
T5	0.552 ± 0.01b	0.846 ± 0.11a	0.446 ± 0.01bc	0.538 ± 0.02ab	0.639 ± 0.01a	0.406 ± 0.01c
T6	0.521 ± 0.01bc	0.632 ± 0.02bc	0.431 ± 0.01cd	0.495 ± 0.01bc	0.571 ± 0.01b	0.392 ± 0.01cd
CK2	0.533 ± 0.01bc	0.717 ± 0.03b	0.384 ± 0.01de	0.501 ± 0.03bc	0.621 ± 0.01ab	0.351 ± 0.01e

2.3.2 氮素形态对娃娃菜不同时期磷素吸收的影响 不同氮素形态处理对娃娃菜磷素吸收量差异明显,如表 4 所示,不论供给娃娃菜何种形态氮素,娃娃菜地上部全磷含量均明显高于地下部全磷含量。不同时期娃娃菜磷含量表现为:成熟期>莲座期>苗期,地上部与地下部在同一时期趋势相同。苗期随着铵态氮比例的逐步增加,娃娃菜磷含量呈明显下降趋势,其中全硝处理(T1)增加娃娃菜苗期磷素

吸收的效果最好。莲座期各种不同施肥模式均能一定程度促进娃娃菜对磷素吸收的增加,铵态氮(包括酰胺态氮)更有利于娃娃菜对磷的吸收,尿素处理(T6)全磷含量达最高,但全硝态氮处理(T1)含磷量又显著降低,说明适度增铵有利于娃娃菜莲座期吸收磷。成熟期各处理均高于 CK1,说明施肥能有效促进娃娃菜成熟期磷素的吸收。其中硝铵配比为 3:7 时(T4)表现出更为明显的优势,显著高于 CK1

和 CK2,地上部和地下部较 CK1 分别增加 103.9%, 的硝铵比有利于娃娃菜成熟期对磷素的吸收。
91.9%;较 CK2 分别增加 32.5%,56%。表明适当

表 4 氮素形态对娃娃菜不同时期磷素吸收的影响

Tab.4 Effects of different nitrogen forms and matching on P uptake of the Mini Chinese Cabbage at different stages g/kg

处理 Treatment	地上部 Shoot			地下部 Root		
	苗期	莲座期	成熟期	苗期	莲座期	成熟期
	Seeding stage	Rosette stage	Mature stage	Seeding stage	Rosette stage	Mature stage
CK1	17.45 ± 0.31bc	21.58 ± 0.82e	32.84 ± 1.69e	17.49 ± 0.34bc	19.46 ± 0.26e	25.64 ± 1.12e
T1	23.69 ± 0.53a	23.96 ± 0.26de	54.65 ± 0.97b	20.27 ± 0.71a	21.61 ± 0.53d	35.13 ± 1.03c
T2	22.95 ± 0.41a	28.07 ± 0.95c	44.38 ± 4.39cd	18.54 ± 0.61b	23.58 ± 0.15cd	28.66 ± 1.15de
T3	19.48 ± 0.39b	24.92 ± 0.89d	39.76 ± 2.57de	18.19 ± 0.24b	23.49 ± 0.61cd	27.45 ± 0.47e
T4	16.36 ± 1.25c	28.38 ± 0.87c	66.99 ± 2.55a	14.86 ± 0.59d	24.62 ± 0.42c	49.21 ± 1.09a
T5	15.91 ± 1.16c	30.25 ± 0.88bc	63.38 ± 1.19a	14.84 ± 0.63d	25.49 ± 0.53bc	39.91 ± 1.77b
T6	17.41 ± 0.29bc	36.93 ± 1.78a	35.93 ± 1.12e	16.11 ± 0.21cd	29.54 ± 1.51a	26.65 ± 0.59e
CK2	16.52 ± 0.09c	32.35 ± 0.98b	50.54 ± 2.38bc	15.67 ± 0.43d	27.07 ± 0.53b	31.52 ± 0.04d

2.4 氮素形态对娃娃菜不同时期钾素吸收的影响

如表 5 所示,各处理不同器官全钾含量为地上部 > 地下部,不同时期钾含量表现为:成熟期 > 莲座期 > 苗期。苗期植株地上部全钾含量随硝铵比值的下降呈先上升后下降的趋势,T3 处理含钾量最高,比 CK1、CK2 分别增加 25.2%,7.7%,显著高于 T1、T5、T6;地下部含钾量随硝铵比值的下降逐渐降低,全硝处理(T1)显著高于其他处理,说明硝态氮有利于苗期娃娃菜地下部钾素的吸收。莲座期植株配比处理均呈现先上升后下降的趋势,地上部和地下部

趋势相同,T2 处理全钾含量最高,与 T1 无显著差异,但显著高于 CK1,地上部 T2、T1 比 CK1 分别增加 83.2%,78.4%;地下部 T2、T1 比 CK1 分别增加 61.6%,52.4%。地上部 T2 显著高于 CK2,地下部 T2 略高于 CK2,差异不显著。成熟期各处理均高于 CK1,说明施肥能有效促进成熟期娃娃菜钾素的吸收。其中 T1 和 T2 同样表现出较高的吸收量,说明在娃娃菜整个生育时期内,与铵态氮肥(包括酰胺态氮肥)相比,70%~100% 硝态氮肥更有利于钾的吸收。

表 5 氮素形态对娃娃菜不同时期钾素吸收的影响

Tab.5 Effects of different nitrogen forms and matching on K uptake of the Mini Chinese Cabbage at different stages g/kg

处理 Treatment	地上部 Shoot			地下部 Root		
	苗期	莲座期	成熟期	苗期	莲座期	成熟期
	Seeding stage	Rosette stage	Mature stage	Seeding stage	Rosette stage	Mature stage
CK1	21.51 ± 0.48bc	23.93 ± 2.05bc	36.22 ± 0.05c	8.45 ± 0.33b	17.46 ± 2.27bc	28.05 ± 0.18c
T1	18.35 ± 0.42c	42.68 ± 0.38a	44.21 ± 0.31a	12.25 ± 0.08a	26.61 ± 1.36a	33.93 ± 0.76a
T2	24.82 ± 0.66ab	43.84 ± 0.97a	43.99 ± 0.06a	11.02 ± 0.01b	28.21 ± 0.08a	33.51 ± 1.26a
T3	26.92 ± 0.01a	31.07 ± 1.02b	37.09 ± 0.78c	10.49 ± 0.43b	22.81 ± 2.67ab	31.50 ± 0.59bc
T4	23.38 ± 0.18ab	27.58 ± 0.37b	39.49 ± 0.66b	9.27 ± 0.09cd	22.40 ± 0.51ab	32.11 ± 0.71ab
T5	17.85 ± 0.66c	23.09 ± 1.53bc	36.85 ± 0.09c	8.56 ± 0.51d	16.94 ± 1.35bc	29.23 ± 0.62bc
T6	18.15 ± 2.32c	17.39 ± 0.72c	43.22 ± 1.06a	9.89 ± 0.02bc	16.09 ± 0.82c	33.44 ± 0.36a
CK2	25.00 ± 0.61ab	32.21 ± 4.42b	40.55 ± 0.12b	10.48 ± 0.38b	25.98 ± 2.08a	33.01 ± 2.06a

3 讨论与结论

3.1 不同氮素形态及对比对娃娃菜产量的影响

硝态氮、铵态氮和酰胺态氮都是植物吸收利用的主要氮素形态,也是目前市场上销售最多的氮肥。其中硝态氮和铵态氮是作物吸收利用的 2 种最主要的无机氮源。因植物种类差异,不同植物对氮源具有不同的选择性。范巧佳等^[20]研究得出,在铵、硝态氮比例为 50:50 时,川芎的经济产量最高。本试验表明,铵态氮与硝态氮配施比其单施对娃娃菜增

产效果更显著,其中也以硝态氮:铵态氮为 5:5 处理的产量和效益最高,其次为硝态氮:铵态氮为 7:3 处理。这有可能是因为在西北土壤偏碱性的状态下,配施较多的铵态氮肥有利于降低植物根际的 pH 值,从而减小因土壤偏碱性所带来的负面影响,从而有利于娃娃菜的生长。

3.2 不同氮素形态及对比对娃娃菜品质的影响

蔬菜中硝酸盐含量过高严重危害人体健康,其含量与蔬菜品质呈负相关关系。作物中硝酸盐含量的多寡除受品种、温度、光照、水分的影响外,还受到

肥料供应的影响^[21-23]。本试验研究结果表明,增施氮肥可使娃娃菜中硝酸盐的含量明显增加。其中以全硝态氮 T1 处理硝酸盐积累最高,全酰胺态氮次之。当配施以铵态氮肥时,硝酸盐含量逐渐降低,以全铵态氮处理 T5 硝酸盐积累的含量最低。这原因可能是铵态氮能直接与光合作用产生的有机酸结合形成氨基酸,进而形成其他含氮化合物,而硝态氮在植物体内先经过还原形成铵态氮才能被利用。因而导致了其更易在娃娃菜体内积累。

可溶性蛋白含量是植物重要的生理生化指标,也是植物体内氮素存在的主要形式。其含量的多少与植物的代谢和衰老有密切关系,同时它与植物维持渗透压抗脱水有很大的关系。本试验中,与单一形态氮肥处理相比,配施处理娃娃菜中可溶性蛋白含量较高,且随铵态氮含量的增加,娃娃菜可溶性蛋白含量呈先升高后降低的趋势。当 $\text{NO}_3^- \text{-N} : \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 为 3:7,可溶性蛋白含量达到最高。这可能因为铵态氮可直接参与娃娃菜可溶性蛋白的合成,而硝态氮是间接参与可溶性蛋白的合成。但当 $\text{NO}_3^- \text{-N} : \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 超过 3:7,可溶性蛋白含量反而降低。

作为植物的碳素营养,可溶性糖是主要的营养物质之一。本试验结果表明,较其他处理,铵态氮更有利于娃娃菜可溶性糖的形成,T5 处理下可溶性糖含量最高。张春兰等^[2]研究得出,铵态氮肥较硝态氮肥利于菠菜中可溶性糖含量增加的结论相似。但与刘赵帆等^[23]研究铵态氮肥对花椰菜中可溶性糖含量的影响不一致。其中原因还有待进一步深入研究。

试验结果表明,随着处理中铵态氮比例的增大,娃娃菜体内可溶性固形物含量先增加,随后又减少,全铵态氮培养下娃娃菜体内可溶性固形物显著高于全硝态氮处理,当铵态氮和硝态氮配比为 7:3 时,可溶性固形物含量达到最高值。这与刘赵帆等^[23]研究得出硝态氮有利于花椰菜可溶性固形物形成的结论不一致,这可能是因栽培作物种类的不同所引起。

3.3 不同氮素形态及对比对娃娃菜养分吸收的影响

本试验研究结果显示,氮素的不同形态以及对比对娃娃菜养分的吸收在不同的生理时期,有不同的影响效果。娃娃菜氮含量在不同时期表现为:莲座期 > 苗期 > 成熟期,因此,在娃娃菜进入莲座期前追施一定配比的氮肥,有利于娃娃菜对氮素的吸收。而磷和钾的含量在不同时期均表现为:成熟期 > 莲座期 > 苗期。植株莲座期含磷量在单一形态氮肥处理下最高,而植株成熟期含磷量在配施处理下最高。钾含量在硝铵配比为 7:3 和 10:0 范围内最高,这与

刘赵帆^[23]和张富仓等^[11]研究得出硝态氮更有利于促进阳离子吸收的结论基本一致。试验结果表明,增施氮肥后娃娃菜养分含量增加,且在娃娃菜整个生长周期内,配施处理中 $\text{NO}_3^- \text{-N} : \text{NH}_4^+ \text{-N}$ 为 5:5 和 3:7 处理更有利于积累较多的养分元素。

综合各个试验指标,本试验得出不同形态的氮肥配施,且硝态氮与铵态氮配比为 5:5 ~ 3:7 时,更有利于娃娃菜的优质高产。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 张春兰,高祖明,张耀栋,等. 氮素形态和 $\text{NO}_3^- \text{-N}$ 与 $\text{NH}_4^+ \text{-N}$ 对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] 任广涛,梁洪涛,金荣荣,等. 酰胺态氮对水培叶用莴苣硝酸盐污染控制的影响[J]. 北方园艺,2009(1):17-19.
- [4] 乔慧萍,李建设. 宁夏地区水培小白菜营养液中尿素替代硝态氮试验[J]. 安徽农学通报,2007,13(6):61-62.
- [5] 刘菊莲,李建设. 不同尿素用量对 DFT 水培小白菜的影响[J]. 吉林蔬菜,2007(4):60-62.
- [6] 朱祝军,蒋有条. 不同形态氮素对不结球白菜生长和硝酸盐积累的影响(简报)[J]. 植物生理学通讯,1994,30(3):198-201.
- [7] 艾绍英,黄小红,柯玉诗,等. 氮肥形态及施用方式对菠菜生长和硝酸盐累积的影响[J]. 中国农学通报,2001,17(5):11-13.
- [8] 艾绍英,姚建武,黄小红,等. 蔬菜硝酸盐的还原转化特性研究[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(1):40-43.
- [9] Damisch W. Biomass yield-A topical issue in modern wheat breeding programmers [J]. PlantBreeding, 1996, 107:11-17.
- [10] Watt M S, Clinton P W, Whitehead D, et al. Above-ground biomass accumulation and nitrogen fixation of broom (*Cytisus scoparius* L.) growing with juvenile *Pinus radiata* on a dry land site [J]. Forest Ecology and Management, 2003, 184:93-104.
- [11] 张富仓,康绍忠,李志军. 氮素形态对白菜硝酸盐累积和养分吸收的影响[J]. 园艺学报,2003,30(1):93-94.
- [12] 李会合. 氮素形态对比对莴笋品质和养分含量的影响[J]. 北方园艺,2011(3):18-20.
- [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] 耿建峰,张晓伟,蒋武生,等. 娃娃菜新品种夏秋美味及其栽培技术[J]. 河南农业科学,2006(6):101.

- [15] 邵贵荣,陈文辉,方淑桂,等.娃娃菜品种引进试验初报[J].福建农业科技,2008(1):51-52.
- [16] 辛 艳.进口反季节娃娃菜高山娃娃[J].天津农林科技,2008(3):19.
- [17] 邹 琦.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [18] 贺立源,梁华东.高氯酸-硫酸消化植物样品防止氮素损失的研究[J].分析化学,1992,20(11):1277-1280.
- [19] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000:30-177.
- [20] 范巧佳,张 毅,杨世民,等.氮素形态对川芎生长、产量与阿魏酸和总生物碱含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(3):720-724.
- [21] 徐卫红,王正银,权月梅,等.沼液对莴笋和生菜硝酸盐含量及营养品质的影响[J].农村生态环境,2003,19(2):34-37.
- [22] 王荣萍,蓝佩玲,李淑仪,等.氮肥品种及施肥方式对小白菜产量与品质的影响[J].生态环境,2007,16(3):1040-1043.
- [23] 刘赵帆,张国斌,郁继华,等.氮肥形态及配比对花椰菜产量、品质和养分吸收的影响[J].应用生态学报,2013,24(7):1923-1930.
- [24] 陈 巍,罗金葵,姜慧梅,等.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[J].土壤学报,2004(3):420-425.

欢迎订阅 2015 年《河南农业科学》

《河南农业科学》是河南省农业科学院主办的综合性农业科技期刊。多年来,深受省内外农业科技人员、农业院校师生等涉农读者的喜爱。本刊连续被评为全国中文核心期刊、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊、RCCSE 中国核心学术期刊(A-)和中国农业核心期刊。曾多次获得有关部门的奖励,被评为“全国优秀农业期刊”;连续荣获“河南省优秀科技期刊一等奖”、“河南省自然科学期刊综合质量检测一级期刊”,“河南省第一、二届自然科学二十佳期刊”。

栏目设置有:综述、作物栽培·遗传育种、农业资源与环境、植物保护、园艺·林学、畜牧·兽医、农产品加工·农业工程·农业信息技术。

本刊为月刊,国际标准 16 开本,160 页,彩色封面,每期定价 18.00 元,全年 216 元。各地邮局均可订阅,邮发代号:36-32。如错过订期,可直接与本刊编辑部联系订阅。

网址: <http://www.hnnykx.org.cn>

地址:郑州市花园路 116 号

E-mail: hnnykx@163.com

邮编:450002

电话:0371-65739041

传真:0371-65712747