

# 不同氮肥用量对大白菜‘早熟五号’ 生长及氮磷钾积累的影响

邵 泱 峰<sup>1</sup>, 李 松 昊<sup>1</sup>, 柴 伟 国<sup>2</sup>

(1. 临安市农业技术推广中心, 浙江 临安 311300; 2. 杭州市农业科学研究院, 浙江 杭州 310024)

**摘 要:**以大白菜‘早熟5号’为试材,利用盆栽试验,研究了不同氮素用量对其生物量、植株氮磷钾质量分数及积累量的影响。结果表明:在生长期,地上部单株鲜(干)质量均成倍增大,N3处理的鲜(干)质量均为最大值,但至收获期,单株鲜(干)质量,氮、磷、钾质量分数和积累量在不同处理间的差异并不显著,鲜质量每株介于41.0~49.8 g,氮、磷、钾质量分数为25.5~26.4、3.4~3.6、27.1~29.2 mg·g<sup>-1</sup>,氮、磷、钾积累量每株介于61.6~66.8、8.3~9.1、66.2~73.8 mg;随着施氮量的增加,氮肥农艺利用率和氮素吸收效率均显著降低。因此,在大白菜生产中以每盆2.0 g的纯氮用量(N3处理),理论N素83.4 kg·hm<sup>-2</sup>为宜。

**关键词:**大白菜;氮;磷;钾;积累;生物量

**中图分类号:**S 634.106<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)19-0009-04

大白菜是我国的大众蔬菜,在“菜篮子”工程中起着举足轻重的作用<sup>[1]</sup>。然而,菜农为了追求高产,盲目超量施用化学氮肥的现象时有发生,过量施肥往往造成土壤板结、结构变差、养分失衡、土壤盐渍化加重,造成巨大的资源浪费和环境污染<sup>[2]</sup>,同时还导致大白菜中硝酸盐累积加重、营养品质下降<sup>[3]</sup>。全面了解其养分吸收积累规律有助于采取有效施肥措施,调控生长发育,提高产量和品质。目前对于大白菜的施肥技术已有一定的研究<sup>[4-6]</sup>,但不同氮素水平对其生长及氮磷钾养分积累的影响尚鲜见报道。因此,该试验以大白菜‘早熟5号’为试材,通过盆栽试验,动态研究大白菜生长及养分吸收对不同氮素用量的响应,旨在找出最佳施氮量,达到提高大白菜产量和品质的目的。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试大白菜品种为‘早熟5号’。采用40 cm×

60 cm×30 cm的花盆进行盆栽试验,为了防止水肥流失,每个花盆配有塑料托盘。栽培基质为普通泥炭,每盆装泥炭基质20 L。

### 1.2 试验方法

盆栽试验在临安柯家和兴蔬菜基地温室大棚中进行,采用随机区组设计,共设5个不同氮素用量的处理,3次重复,不同处理养分投入量如表1所示。2014年4月13日,分别将种子播于栽培盆中,并于1周后进行间苗,每盆保留12株,同时将不同处理的肥料溶解成母液,再按比例配成溶液进行浇施灌,在试验过程中的其它管理按照常规方法进行。

### 1.3 项目测定

在播种后的第2、4、5、6周采集地上部样品,采样时

表1 不同处理养分投入量

Table 1 Level of fertilizer for different treatment

处理 Treatment	单盆养分投入量 Nutrient application per pot/g			单盆肥料用量 Fertilizer rate per pot/g				氮用量 N rate
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	硝酸钙	氯化铵	钙镁磷肥	硫酸钾	
N1	1.0	1.0	1.0	6.30	0.96	7.0	2.0	41.7
N2	1.5	1.0	1.0	9.45	1.44	7.0	2.0	62.5
N3	2.0	1.0	1.0	12.60	1.92	7.0	2.0	83.4
N4	2.5	1.0	1.0	15.75	2.40	7.0	2.0	104.2
N5	3.0	1.0	1.0	18.90	2.88	7.0	2.0	125.1

**第一作者简介:**邵泱峰(1966-),男,浙江临安人,高级农艺师,现主要从事蔬菜技术与推广等工作。E-mail:shaoyangfeng661004@163.com。

**基金项目:**浙江省重大科技专项资助项目(2011C02001)。

**收稿日期:**2016-04-29

content were respectively increased by 65.7% and 34.4%, by balanced fertilization+foliar fertilizer spraying, under the base of 60 m<sup>3</sup> artificial water of 667 m<sup>2</sup> per year. In 2014, the yield of jujube tree was increased by 59.2%, based on balanced fertilization with foliar fertilizer spraying.

**Keywords:** balanced fertilization; dry land; ‘Tongxinyuanzao’ jujube; yield; quality

分别取不同处理各 3 盆(3 次重复),用清水冲洗干净,再以去离子水润洗,吸干后,用电子天平称其鲜质量;而后将鲜样分别装入信封中,置于烘箱内,105 ℃杀青 30 min,70 ℃烘 48 h 至恒量,用电子天平测其干质量(生物量)。粉碎过 0.5 mm 筛的样品经  $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$  消煮后,采用靛酚蓝比色法测定氮质量分数,火焰光度计法测定钾质量分数,钼蓝比色-分光光度法测定磷质量分数<sup>[7]</sup>。按以下公式求出<sup>[8]</sup>。养分积累量( $\text{mg} \cdot \text{株}^{-1}$ )=氮磷钾质量分数 $\times$ 生物量;氮肥农艺利用率( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )=生物量/施氮量;氮素吸收效率( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )=氮素积累量/施氮量;氮素利用效率( $\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )=生物量/氮素积累量。

#### 1.4 数据分析

运用 DPS 软件对数据进行方差分析,LSD 法检验显著性,用 Microsoft Excel 2003 制作图表。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对大白菜生长的影响

在试验过程中,大白菜生长迅速,不同采样时间,地上部单株鲜(干)质量均成倍增大。由表 2 可以看出,生长初期(2 周),单株质量以 N2 为最大,其中鲜质量显著高于 N5;生长中期(4 周),以 N3 处理的地上部质量最大,其中鲜质量显著高于 N4、N5 处理( $P<0.05$ ),而干质

量则显著高于 N1、N5 处理( $P<0.05$ );生长后期(5 周)时,N2、N3 处理地上部单株干质量显著高于 N5 处理( $P<0.05$ );收获期(6 周),不同处理地上部单株干鲜质量之间的差异并不显著。理论产量(鲜质量)为  $20.5 \sim 24.9 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,不同氮素用量之间的差异并不显著。

### 2.2 不同处理对地上部氮磷钾质量分数的影响

由表 3 可以看出,在整个生长过程中,地上部氮质量分数保持相对稳定,介于  $23.5 \sim 26.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,同一采样时期,不同处理间的差异并不显著,收获期氮质量分数介于  $25.5 \sim 26.4 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 。随着大白菜的生长,地上部磷质量分数略有提高,从生长初期(2 周)的  $2.8 \sim 2.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  提高到收获期(6 周)的  $3.4 \sim 3.6 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ;但同一时期的样品在不同处理间磷质量分数的差异并不显著。地上部钾质量分数随着大白菜的生长而明显增加,从生长初期(2 周)的  $15.0 \sim 15.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$  提高到收获期(6 周)的  $27.1 \sim 29.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ;生长初期(2 周),地上部钾质量分数不同处理间没有显著性差异;生长中期(4 周),以 N3 处理的地上部钾质量分数为最大,显著高于 N1 处理( $P<0.05$ );生长后期及收获期(5、6 周),地上部钾质量分数在不同处理间的差异并不显著。

表 2 不同处理大白菜地上部单株鲜质量和干质量

Table 2 Fresh and dry weight of Chinese cabbage upper ground parts among different treatments

处理 Treatment	2 周 Two weeks		4 周 Four weeks		5 周 Five weeks		6 周 Six weeks		理论产量 Theoretical yield	
	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量
	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{g} \cdot \text{株}^{-1}$ )	/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )	/( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
N1	1.1ab	69.6a	13.0ab	656.7b	23.5ab	1 153.9ab	47.5a	2 441.3a	23.8a	1 220.7a
N2	1.2a	72.5a	13.2ab	748.7ab	26.7a	1 361.5a	41.0a	2 472.3a	20.5a	1 236.2a
N3	1.0b	71.3a	17.4a	839.0a	28.6a	1 406.8a	49.8a	2 530.0a	24.9a	1 265.0a
N4	1.1ab	71.8a	12.7b	742.0ab	22.9ab	1 197.7ab	42.4a	2 450.1a	21.2a	1 225.1a
N5	0.9b	68.0a	10.5b	634.0b	19.9b	1 073.3b	45.2a	2 394.0a	22.6a	1 197.0a

表 3 不同处理大白菜地上部氮磷钾质量分数

Table 3 N,P,K concentration of Chinese cabbage upper ground parts among different treatments

处理 Treatment	氮质量分数 N concentration/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )				磷质量分数 P concentration/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )				钾质量分数 K concentration/( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )			
	2 周	4 周	5 周	6 周	2 周	4 周	5 周	6 周	2 周	4 周	5 周	6 周
	Two weeks	Four weeks	Five weeks	Six weeks	Two weeks	Four weeks	Five weeks	Six weeks	Two weeks	Four weeks	Five weeks	Six weeks
N1	23.5a	25.4a	25.2a	25.5a	2.9a	2.9a	3.4a	3.4b	15.8a	17.6b	20.8a	27.1a
N2	23.5a	25.3a	25.5a	26.0a	2.9a	2.8a	3.5a	3.5ab	15.9a	19.0ab	21.4a	28.7a
N3	24.9a	24.2a	24.8a	26.4a	2.9a	2.8a	3.7a	3.6ab	15.8a	20.8a	21.7a	29.2a
N4	25.1a	26.6a	25.0a	25.5a	2.8a	2.8a	3.6a	3.5ab	15.8a	18.9ab	20.9a	27.1a
N5	24.8a	25.5a	25.2a	25.8a	2.9a	2.7a	3.7a	3.6ab	15.0a	18.5ab	19.9a	28.3a

### 2.3 不同处理对大白菜地上部氮磷钾积累的影响

不同处理大白菜地上部单株氮积累量随着生长增大显著,由表 4 可以看出,从生长初期(2 周)的  $1.6 \sim 1.8 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$  到收获期(6 周)的  $61.6 \sim 66.8 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$ 。生长期,以 N3 处理大白菜地上部的单株氮积累量为最大,在生长后期(5 周),该处理大白菜地上部单株氮积

累显著高于 N5 处理( $P<0.05$ );在其它生长阶段,不同处理大白菜地上部氮素积累量的差异并不显著。

地上部磷积累量也随着大白菜的生长而明显增大,从生长初期(2 周)的  $0.2 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$  到收获期(6 周)的  $8.3 \sim 9.1 \text{ mg} \cdot \text{株}^{-1}$ 。整个生长过程中均以 N3 处理的磷积累量为最大,其中生长中期(4 周),该处理大白菜地

表 4

不同处理大白菜地上部氮磷钾积累量

Table 4 N, P, K accumulation of Chinese cabbage upper ground parts among different treatments

处理 Treatment	氮积累量 N accumulation/(mg·株 <sup>-1</sup> )				磷积累量 P accumulation/(mg·株 <sup>-1</sup> )				钾积累量 K accumulation/(mg·株 <sup>-1</sup> )			
	2周 Two weeks	4周 Four weeks	5周 Five weeks	6周 Six weeks	2周 Two weeks	4周 Four weeks	5周 Five weeks	6周 Six weeks	2周 Two weeks	4周 Four weeks	5周 Five weeks	6周 Six weeks
N1	1.6a	16.7a	29.1ab	62.3a	0.2a	1.9ab	4.0a	8.3a	1.1ab	11.6b	24.0ab	66.2a
N2	1.7a	19.0a	34.8a	64.4a	0.2a	2.1ab	4.8a	8.6a	1.2a	14.3ab	29.2a	71.0a
N3	1.8a	20.4a	34.9a	66.8a	0.2a	2.4a	5.2a	9.1a	1.1a	17.4a	30.5a	73.8a
N4	1.8a	19.7a	29.9ab	62.5a	0.2a	2.1ab	4.3a	8.6a	1.1a	14.0ab	25.1ab	66.2a
N5	1.7a	16.2a	27.1b	61.6a	0.2a	1.7b	4.0a	8.7a	1.0b	11.7b	21.3b	67.8a

上部单株氮积累显著高于 N5 处理( $P<0.05$ );在其它生长阶段,大白菜地上部磷素积累量在不同处理间没有显著性差异。

地上部钾积累量随着大白菜的不断生长而显著增多,从生长初期(2周)的  $1.0\sim 1.2\text{ mg}\cdot\text{株}^{-1}$  到收获期(6周)的  $66.2\sim 73.8\text{ mg}\cdot\text{株}^{-1}$ ,整个生长过程中均以 N3 处理的钾积累量为最大。生长初期(2周),N2、N3、N4 处理大白菜地上部单株钾积累量显著高于 N5 处理( $P<0.05$ );生长中期(4周),N3 处理显著高于 N1、N5 处理

( $P<0.05$ );生长后期(5周),N2、N3 处理显著高于 N5 处理( $P<0.05$ );收获期(6周),各处理地上部单株钾积累量差异不显著。

#### 2.4 不同处理对大白菜氮素利用的影响

随着施氮量的增加,大白菜氮肥农艺利用率和氮素吸收效率均降低(图 1A、B),不同氮肥用量之间达到了差异显著性水平( $P<0.05$ ),而不同处理大白菜氮素利用效率保持相对稳定,介于  $37.9\sim 39.2\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ (图 1C)。

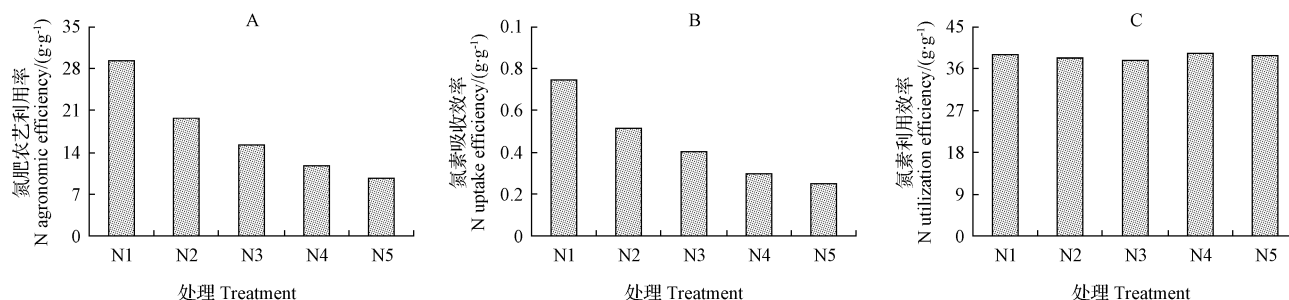


图 1 不同处理对大白菜氮素利用的影响

Fig. 1 Effect of different treatments on the nitrogen uptake efficiency

### 3 讨论

氮素是植物氨基酸和蛋白质的主要元素,参与了植物生长发育的每一个过程,是决定植物能否正常发育和影响产量品质的重要基础物质。在一定氮肥用量以内,增施氮肥可以促进大白菜的生长,从而提高产量,如果超过一定范围,再提高氮肥用量,大白菜生物量不升反降<sup>[9]</sup>,该试验研究表明,大白菜干物质质量随着施氮量增加先增加而后下降,其中以 N3 处理达最高值,但不同处理之间的差异并不显著。

一般作物体内氮质量约为  $30.0\sim 50.0\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,该研究表明,大白菜在收获期(6周)叶片氮质量分数介于  $25.5\sim 26.4\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ,不同处理间没有显著性差异,说明 N1 处理的施氮水平,已经完全能保证大白菜生长中充足的氮素供应。生产中经常出现氮素过量施用的现象,究其原因,一是施氮总量过高,影响植物正常生长发育,再加上前茬作物的氮素利用率如果不高,土壤中残留大量氮素,就容易造成氮过剩;二是追肥施氮过

多,植物氮素吸收速率较慢,随着灌溉的进行会造成土壤氮素流失,植物体内的氮不能及时转化成氨基酸,也容易造成氮积累,导致植物氨中毒<sup>[10]</sup>。同样,该研究也表明,随着施肥量的增加,单株大白菜氮素积累量先提高而后降低,以 N3 处理的积累量为最高,但至收获期(6周),单株大白菜氮素积累量每株介于  $61.6\sim 66.8\text{ mg}$ ,不同处理之间的差异并不显著。

氮肥农艺利用率反映了单位施氮水平下所形成生物量,氮素吸收效率反映了作物对介质中氮素的吸收能力<sup>[11]</sup>,该试验结果表明,随着施氮量的增加,大白菜氮肥农艺利用率和氮素吸收效率均显著下降,氮肥农艺利用率由 N1 处理的  $29.3\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$  下降到 N5 处理的  $9.6\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,氮素吸收效率由 N1 处理的  $0.76\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$  下降到 N5 处理的  $0.25\text{ g}\cdot\text{g}^{-1}$ ,2 个指标均下降了 3 倍多。在一定施氮范围内,由于生物量和植株含氮量的增加,作物的氮素累计值随施氮量的增加而增加,氮肥农艺利用率和氮素吸收效率均随着施氮量的增加而下降<sup>[12-13]</sup>。氮素利用

效率反映已吸收的氮素获得最终产量的能力<sup>[14]</sup>。该研究表明,大白菜氮素利用效率在不同氮素用量间没有显著性差异,其值介于  $37.9 \sim 39.2 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ ,表明大白菜生长过程中形成生物量所需积累的氮素是相似的,具有很强的稳定性。

#### 4 结论

该研究表明,大白菜地上部氮、磷质量分数在生长过程中保持相对稳定,而钾质量分数则随着生长的推进而明显增大;收获期(6周),地上部氮、磷、钾质量分数为  $25.5 \sim 26.4$ 、 $3.4 \sim 3.6$ 、 $27.1 \sim 29.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ,不同氮素用量间的差异并不显著。

不同处理大白菜地上部单株氮、磷、钾积累量随着生长而显著增大,以 N3 处理积累量最大,但至收获期,氮、磷、钾积累量每株介于  $61.6 \sim 66.8$ 、 $8.3 \sim 9.1$ 、 $66.2 \sim 73.8 \text{ mg}$ ,不同处理间没有显著性差异。

在试验过程中,大白菜生长迅速,地上部单株鲜(干)质量均成倍增大。N3 处理的鲜(干)质量均为最大值,收获期不同处理的单株鲜质量介于  $41.0 \sim 49.8 \text{ g}$ ,理论产量介于  $20.5 \sim 24.9 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,不同氮素用量之间的差异并不显著。

随着施氮量的增加,大白菜氮肥农艺利用率和氮素吸收效率均降低,不同氮肥用量之间的差异达到了显著性水平( $P < 0.05$ ),而不同处理大白菜氮素利用效率保持相对稳定,介于  $37.9 \sim 39.2 \text{ g} \cdot \text{g}^{-1}$ 。

#### 参考文献

- [1] 刘玉学,王耀锋,吕豪豪,等.不同稻秆炭和竹炭施用水平对小青菜产量、品质以及土壤理化性质的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(6):1438-1444.
- [2] 王强,姜丽娜,符建荣,等.氮素形态、用量及施用时期对小青菜产量和硝酸盐含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(1):126-131.
- [3] 朱红芳,侯瑞贤,李晓锋,等.不同施肥方法对夏季速生青菜硝酸盐含量及产量和品质的影响[J].上海农业学报,2015,31(1):76-80.
- [4] 马嘉伟,胡杨勇,叶正钱,等.竹炭对红壤改良及青菜养分吸收、产量和品质的影响[J].浙江农林大学学报,2013,30(5):655-661.
- [5] 董荷玲,陈海平.菌渣对青菜产量与品质的影响[J].浙江农业科学,2014(3):346-347.
- [6] 褚艳春,葛晓,魏思雨,等.污泥堆肥对青菜生长及重金属积累的影响[J].农业环境科学学报,2013,32(10):1965-1970.
- [7] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [8] 吴春红,刘庆,孔凡美,等.氮肥施用量对不同紫甘薯品种产量和氮素效率的影响[J].作物学报,2016,42(1):113-122.
- [9] 廖红,严小龙.高级植物营养学[M].北京:科学出版社,2003.
- [10] 蔡树美,吕卫光,田吉林,等.水肥优化耦合下设施青菜的养分吸收和干物质积累规律[J].生态与农村环境学报,2015,31(3):385-389.
- [11] 宁堂原,焦念元,张民,等.不同品种组合下春夏玉米套作的氮素利用特征研究[J].作物学报,2007,33(11):1896-1901.
- [12] 董召娣,左青松,冷锁虎,等.施 N 水平对油菜杂交种及其亲本氮素利用效率的影响[J].中国油料作物学报,2008,30(3):366-369.
- [13] 程建峰,蒋海燕,刘宜柏,等.氮高效水稻基因型鉴定与筛选方法的研究[J].中国水稻科学,2010,24(2):175-182.
- [14] NOURIYANI H, MAJIDI E, SEYYEDNEJAD S M, et al. Evaluation of nitrogen use efficiency of wheat as affected by ni-trogen fertilizer and different levels of paclobutrazol[J]. Res Crops, 2012(13):439-445.

## Effect of Different N Levels on Growth and Accumulation of N, P and K in Leaves of Chinese Cabbage 'Zaoshu No. 5'

SHAO Yangfeng<sup>1</sup>, LI Songhao<sup>1</sup>, CHAI Weiguo<sup>2</sup>

(1. Agricultural Technology Extension Center of Lin'an City, Lin'an, Zhejiang 311300; 2. Hangzhou Academy of Agricultural Sciences, Hangzhou, Zhejiang 310024)

**Abstract:** With Chinese cabbage of 'Zaoshu No. 5' as material, the effect of fertilizers at different N levels on biomass, accumulation of N, P, K in leaves Chinese cabbage were studied by pot experiments. The results showed that fresh (dry) weight of the upper ground part increased exponentially, and the highest level was found in N3 treatment during the growing period, however, it was not significantly different among different treatments at the harvest time. For all treatments, fresh weight was between  $41.0 \sim 49.8 \text{ g}$  per plant, mass fraction of N, P, K was  $25.5 \sim 26.4$ 、 $3.4 \sim 3.6$ 、 $27.1 \sim 29.2 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ , and the accumulation of N, P, K was  $61.6 \sim 66.8$ 、 $8.3 \sim 9.1$ 、 $66.2 \sim 73.8 \text{ mg}$  per plant, respectively. With the increase of the nitrogenous fertilizer, the agronomic efficiency and nitrogen uptake efficiency decreased significantly. Therefore, the amount of pure nitrogen as  $2.0 \text{ g}$  in a basin (N3 treatment), theoretical N  $83.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  was appropriate.

**Keywords:** Chinese cabbage; N; P; K; accumulation; biomass