

# 氮肥对大白菜硝酸盐累积的影响 及合理施用量研究

孙 权 丁福荣 李 鹏 吕海霞 胡 霞 刘正军

(宁夏大学农学院农学系 永宁王太 750105)

**摘 要** 对宁夏灌淤旱耕人为土氮(N)肥与大白菜产量及菜体和土体中硝酸盐累积的关系进行了田间试验研究。结果表明,在设计范围内,银川平原复种大白菜的产量及净菜率与施 N 量成正比;施 N 肥增加大白菜硝酸盐含量;复种大白菜的最高产量施 N 量为 448.5 kg/hm<sup>2</sup>,最佳产量施 N 量为 427.5 kg/hm<sup>2</sup>;大白菜外叶硝酸盐含量高于内叶,内叶硝酸盐含量随施 N 肥量的增加而增加,外叶硝酸盐含量在高施 N 时,随生育期延长而增加;施用 N 肥明显增加土体各土层中的硝态 N 含量。

**关键词** 灌淤旱耕人为土;大白菜;施 N 量;硝酸盐

**中图分类号** S147.2

N 肥在农业增产中起十分重要的作用。近年来为了提高蔬菜产量,肥料投入量,尤其是 N 肥施用量越来越高。施入土壤中的大量 N 肥经硝化作用转变为硝态 N;吸收到蔬菜体内的硝态 N 不能完全被还原同化,就会出现累积现象。人类摄入的硝态 N 有 81.2% 来源于蔬菜<sup>[1]</sup>,而施入土壤中的各种 N 肥又是蔬菜累积硝态 N 的主要来源<sup>[2]</sup>。因此,合理施用 N 肥是人工调控蔬菜硝态 N 含量的重要措施。

针对银川平原大白菜的种植面积逐年扩大,而生产中突出存在施 N 过量、大白菜收获后在耕层残留大量 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (可达 231.6mg/Kg) 等现象,进行了田间试验,探讨宁夏银川平原灌淤旱耕人为土复种大白菜时 N 肥施用与大白菜体内硝酸盐及土体硝酸盐累积的规律,研究 N 肥的合理用量,为生产中科学施 N 肥提供依据。

## 1 材料与方 法

试验于 2001 年 7~10 月在宁夏银川平原永宁县扬和乡红星 5 队进行。随机区组设计,设对照、施 N<sub>168.75</sub>、N<sub>337.5</sub>、N<sub>505.5</sub> kg/hm<sup>2</sup> 4 种处理,重复 3 次,小区面积 44m<sup>2</sup>,种植密度 30000 株/hm<sup>2</sup>。各处理施 P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、K (K<sub>2</sub>O) 肥均为 150 kg/hm<sup>2</sup>,全部做基肥。施 N13.3% 做基肥,13.3% 于团棵期追施 (8 月 15 日左右),26.67% 于包心前期追施 (8 月 30 日左右),46.67% 于包心中期追施 (9 月 19 日)。P 肥为普通

过磷酸钙,K 肥为硫酸钾,N 肥为尿素。于每次追肥后 1 周,每处理各小区取植株样混在一起做代表样,称取鲜重后,分菜叶和菜心,用榨汁机搅为糊状,称样糊 1g 左右于大试管中,加水 10~20ml,在开水浴中煮 30 分钟,期间不停摇动试管,以利硝酸盐的充分提取。

提取液冷却后,于 5000 转/分离心 10 分钟,吸取上清液 0.1 ml 加入 10 ml 于刻度试管中,加 0.4 ml 5% 的水杨酸-硫酸溶液,摇匀冷却后,加 9.5ml 8% NaOH 溶液,摇匀冷却后,于 410nm 处比色测定消光值,同时做标准曲线,计算硝态 N 含量<sup>[3]</sup>。

土壤中硝酸盐测定方法为:分别于播前和播后采集不同施 N 下 0~20、20~40、40~60 cm 土样,称鲜样 1.0 g 左右于大三角瓶中,其余步骤同上测定硝态 N 含量。同时称鲜样测定水分含量,最后用烘干土做基数计算各土层硝态 N 含量。

7 月 24 日播种,10 月 14 日收获。大白菜成熟时,每处理每小区随机取 10 株,称取毛菜重后,剥去外叶,再称取净菜重,以 10 株平均产量乘种植密度作为各处理最终产量。

供试土壤为灌淤旱耕人为土,其基本理化性状为:有机质 11.70 g/kg,全 N 8.9 g/kg,全 P 6.8 g/kg,碱解 N 75.4 mg/kg,有效 P (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 13.4 mg/kg,速效 K (K<sub>2</sub>O) 143 mg/kg,pH 8.23,全盐 0.11%。0~20 cm 硝态 N 39.41 mg/kg,20~40 cm 硝态 N 27.12 mg/kg。

## 2 结果与分析

### 2.1 N 肥施用量与大白菜产量的关系

不同作物对 N 素的利用率有较大差别,但大白菜对 N 肥的利用率最高<sup>[4]</sup>。确定肥料对蔬菜生长影响的最可靠的办法是肥效函数法。4 种试验处理下,不同 N 肥用量对大白菜产量及净菜率的影响列于表 1。

表 1 N 肥施用量与大白菜产量的关系

Table 1 The relationship between cabbage yields and N fertilizer application amount (kg/hm<sup>2</sup>)

处理	毛菜产量	净菜产量	净菜率%
N <sub>505.5</sub>	164700	133200	80.9
N <sub>337.5</sub>	153900	120900	78.6
N <sub>168.5</sub>	137700	85500	62.1
CK	80190	44580	5.6
农民习惯 (N <sub>900</sub> )	102000	67500	66.2

在试验设计施 N 量范围内,随 N 肥用量的增加,大白菜产量也随着增加,增加趋势符合报酬递减规律;同时,净菜率也提高。值得关注的是,农民习惯种植施 N 量高于试验设计最大施 N 量的 1.78 倍,

而产量并不高,且净菜率低,田间虽然未表现出肥害,但由于农民在包心期前一次性追完全部 N 肥,并因担心白菜烂掉而不敢灌水,致使高量 N 肥未能发挥肥效。由此可见,研究复种大白菜的合理施 N 量非常迫切。

### 2.2 N 肥施用量对大白菜体内硝酸盐的累积的影响

对不同生育期不同 N 肥用量下大白菜体内硝酸盐的含量进行了测定,结果列入表 2。

田间试验表明,施用 N 肥能提高大白菜体内硝态 N 的含量。基本变化趋势是,无论施 N 量多高,可食用部分硝态 N 含量随追肥次数及追肥量增加而增加;就不同部位而言,外叶硝态 N 含量总高于内叶,可能是植株外叶的受光条件较好,蒸腾作用比内叶强的缘故;内叶硝态 N 含量随施肥量增加而增加,施 N 越多,生育后期比生育前期累积量增加越多,而低施 N 时生育前后硝态 N 含量差异不明显。外叶硝态 N 含量随施肥量增加而增加,但到收获时,大白菜外叶 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量反而有所降低,可能是随菜体的迅速增长,NO<sub>3</sub><sup>-</sup>均匀分布,随总产量增加,单位质量大白菜 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>含量反而降低了;这与刘永菊等的报道一致<sup>[5]</sup>。陈振德认为蔬菜不同部位硝酸盐含量的差异可能与该部位硝酸还原酶活力不同所致<sup>[6]</sup>。

表 2 N 肥施用量与大白菜体内硝酸盐的含量 (mg/kg)

Table 2 The relationship between the concentration of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and N fertilizer application rate

处理	日期	26 日 / 8 月		5 日 / 9 月		14 日 / 10 月	
				外叶	内叶	外叶	内叶
N <sub>505.5</sub>		197.9		606.6	222.5	502.9	312.2
N <sub>337.5</sub>		141.6		596.5	242.7	464.7	263.9
N <sub>168.5</sub>		145.7		525.8	194.2	318.9	199.9
CK						98.8	
农民习惯 (碳铵 N <sub>900</sub> )						607.0	342.3

所有处理中,以农民习惯种植高施 N 下硝态 N 含量最高,表明高施 N 量有利于蔬菜累积硝酸盐。不过,所有试验处理及农民习惯种植高施 N 下大白菜可食部分硝态 N 含量都未超过 432 mg/Kg 的蔬菜安全食用标准<sup>[6]</sup>,尚可放心食用。

### 2.3 大白菜的合理施 N 量

不同养分供给对大白菜产量影响不同。根据不同施 N 量下的产量结果进行了肥效方程统计,得出大白菜施 N 量 (X<sub>N</sub>) 与产量 (Y) 的关系式为:

$$Y=5473.3+366.2 X_N - 6.12 X_N^2$$

对上式进行 F 检验,方差比 F=29.39\* (F<sub>0.05</sub>=18.51, F<sub>0.01</sub>=98.49),达到了显著差异水平,表明上

表中的产量差异是由施肥量不同而引起的,上式可以用于预测复种大白菜的合理施 N 量。

根据上式,将大白菜价格 0.10 元/kg 和 N 素价格 1.74/kg 代入,计算得到宁夏灌区复种大白菜的最高产量施 N 量为 448.5 kg/hm<sup>2</sup>,是农民习惯种植高施 N 量的一半;宁夏灌区复种大白菜的最大利润施 N 量为 427.5 kg/hm<sup>2</sup>。

### 2.4 N 肥施用量与土壤剖面硝态 N 分布规律的关系

一般而言,铵态 N 肥施入土壤后,需经过硝化作用后才能以 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 的形态向下淋洗。而酰胺态 N 肥的尿素更需在脲酶的作用下分解为碳酸铵后才能进一步经过硝化作用形成 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N 并向下淋洗。国内

外的研究表明,广大农区浅层地下水中的硝酸盐的提高同大量施用 N 肥及灌溉有关<sup>[7, 8]</sup>。宁夏银川平原复种大白菜的大量施 N 肥后 N 的高残留及自流灌

溉的大水漫灌,客观上为土壤中硝态 N 的淋失创造了条件。宁夏灌区灌淤旱耕人为土施不同量 N 肥后土壤剖面中硝态 N 的分布规律见表 3。

表 3 不同施 N 量下灌淤旱耕人为土复种白菜田土壤剖面中硝态 N 的分布 (mg/kg)

Table 3 Distribution of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> in soil profile under different N fertilizer application rate

处 理	土 层			
	0~20	20~40	40~60	总和
N <sub>505.5</sub>	63.79	42.24	35.47	141.5
N <sub>337.5</sub>	64.21	75.78	28.17	168.16
N <sub>168.5</sub>	69.02	34.97	14.19	118.18
CK	39.41	27.12		
农民习惯 (N <sub>900</sub> )	175.58	43.60	43.60	262.78

田间肥料试验表明,土壤中硝态 N 的残留量与施 N 量有直接关系,总体上,施 N 量增加,土体中硝态 N 含量增加;在试验处理下,随施 N 量增加,表层硝酸盐含量并未增加,但土壤下层硝酸盐含量增加,表明施 N 肥多时,有更多硝酸盐向下淋洗,引起 N 素损失。农民习惯种植高施 N 的情况下,土壤表层残留硝态 N 比试验高 N 处理高 100 mg/kg 左右,比低 N 处理高 144.6mg/kg,高出 1.22 倍,尤其在表层显著高于试验处理的 1.5 倍。由于灌淤旱耕人为土通气透水性强,且灌区稻旱轮作制下下一年度一般种植水稻,土体高残留 N 及种稻时的大量灌水,很容易引起倒伏减产,并客观上为硝态 N 的淋洗损失提供了条件,不仅造成 N 素的损失,降低肥料利用率,而且会引起地下水硝酸盐的积累而产生污染,也是造成地表水富营养化的主要原因。

因此,合理施 N 肥是银川平原复种大白菜获取高产、降低菜体硝酸盐含量、减少土壤中硝酸盐累积与淋失的重要途径。

### 3 结 论

银川平原复种大白菜的产量与 N 肥施用量有直接关系,在试验设计范围内,施 N 量的增加,产量随之增加,且净菜率提高。田间试验表明,施用 N 肥能提高大白菜体内硝态 N 的含量,外叶硝态 N 含量总高于内叶,内、外叶硝态 N 含量随施肥量增加而增加,但到收获时,大白菜外叶 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 含量反而有所降低。银川平原复种大白菜的最高产量施 N 量为 448.5

kg/hm<sup>2</sup>,最佳产量施 N 量为 427.5 kg/hm<sup>2</sup>。施用 N 肥明显增加土体各层中残留的硝态 N,高施 N 时不仅耕层土体累积较多硝酸盐,下层土体同样累积较多硝酸盐,而习惯种植的高施 N 量不但不能获得高产,净菜率低,成熟期推迟,而且造成土壤剖面尤其是耕层累积大量硝态 N, N 素利用率低,实不可取。

### 参考文献

- 1 沈明珠,翟宝杰,车惠茹. 蔬菜硝酸盐累积的研究 I. 不同蔬菜硝酸盐、亚硝酸盐含量评价,园艺学报,1982,9(4) 41~48
- 2 王朝辉,李生秀,田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝态 N 累积的影响. 植物营养与肥料学报,1998,4(1): 22~28
- 3 Yang JE, Skogley EO, Schaff BE, et al. A sample spectrophotometric determination of nitrate in water, resin, and soil extracts. Soil Sci. Soc. AM. J., 1998, 62: 1108~1115
- 4 周艺敏,张金盛. 不同栽培与施肥条件下蔬菜的氮肥利用率及氮肥去向的研究. 土壤学报,2002,39: 270~275
- 5 刘永菊,曹一平,夏江. NPK 配比对大白菜产量及硝酸盐累积的影响. 土壤肥料,1999,(4): 26~29
- 6 陈振德,蔬菜中的硝酸盐及其与人体健康. 中国蔬菜,1988,(1): 40~42
- 7 Power JE, Schepers JS. Nitrate contamination of ground-water in north America. agriculture, Ecosystems and Environment, 1989, 26: 165~187
- 8 张新明,李华兴,吴文良. 氮素肥料对环境与蔬菜的污染及其合理调控途径. 土壤通报,2002,6: 471~474

## INFLUENCE OF NITROGEN ON NITRATE ACCUMULATION IN CABBAGE AND N FERTILIZER APPLICATION RATE

Sun Quan Ding Furong Li Peng Lu Haixia Hu Xia Liu Zhengjun

( *Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ningxia University, Yongning 750105* )

**Abstract** A study on influence of nitrogen on cabbage growth and nitrate accumulation was conducted by means of field experiments in Guanyu Soil. The results showed that nitrogen could increase growth and net yield rate of cabbage and nitrate accumulation in cabbage leaves. The nitrogen fertilizer application rate of 448.5 kg/hm<sup>2</sup> brought about the highest yield and the rate of 427.5 kg/hm<sup>2</sup> was the optimum for cabbage in double cropping. Nitrate content was higher in outer leaves than in inner leaves. The nitrate content in the inner leaves increased with the nitrogen application rate while in the outer leaves it increased with the time of growth under a high nitrogen application rate. Nitrogen application increased significantly nitrate contents in all the layers in the profiler.

**Key Words** Guanyu soil, Cabbage, N fertilizer application rate, Nitrate

\*\*\*\*\*

(上接第 221 页)

- |   |  |
|---|--|
| 分布研究. 中国土地科学, 2000, 14 (14): 42~46        | 地科学, 2002, 16 (1): 26~31               |
| 1 杨继瑞. 中国城市地价探析. 北京: 高等教育出版社, 1997. 28~30 | 3 黄贤金. 农地价格论. 北京: 中国农业出版社, 1997, 15~18 |
| 2 唐焱, 吴群, 余庆年. 南京城市地价指数编制. 中国土            |  |

## RESEARCH ON SPATIAL- TEMPORAL VARIATION OF THE PRICE OF LAND LEASED IN THE CITY ZONE OF NANJING

Lu Yuejin Zhou Shenglu

( *Department of Urban and Resources Science, Nanjing University, Nanjing 210093* )

**Abstract** The land price data of the leased land samples of Nanjing City from 1997 to 2001 were processed with MAPINFO software and Microsoft Access to create a distribution map of the samples and all kinds of special maps. Analysis of price changes in space and time of the land leased in Nanjing City was conducted to find the price change pattern of each type of land in space and time. The reasons for the change are discussed.

**Key words** Land price, Spatial-Temporal variation, City zone of Nanjing