

# 控释氮肥对辣椒的生理效应及利用率研究

黄云<sup>1</sup>, 廖铁军<sup>1</sup>, 向华辉<sup>2</sup>

(1 西南农业大学资源环境学院, 重庆 400716; 2 重庆市九龙坡农业局农技站, 重庆 400051)

**摘要:**利用盆栽试验和田间生物试验,研究了控释 N 肥脲醛类肥料品种脲甲醛(UF)与速效 N 肥不同品种对辣椒生长、形态指标、产量及利用率的影响;并采用覆膜和露地 2 种大田栽培法探讨了不同控释肥用量对辣椒产量和品质的肥料效应。结果表明,辣椒对控释 N 肥中 N 的吸收利用率最高,达 44.4%,较其它 N 肥品种提高 17.46%~46.05%,其产量为 CK 的 1.88 倍。N 肥品种的增产效应顺序为 UF > CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> > NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> > NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>;UF 处理,辣椒的果长、果宽、单果重及座果率等指标明显高于其它速效 N 肥品种。控释 N 肥用量试验表明,产量与用量密切相关,以 600kg/hm<sup>2</sup> 投入可取得较高的产量和经济效益,过量施用,效益显著下降。控释肥相同用量,覆膜栽培较露地栽培增产 15.16%~16.45%;辣椒总糖、维生素 C 含量有随施用量增加而增加的趋势,但对于物质质量及总酸度的影响较小。

**关键词:**控释 N 肥;辣椒;生理效应;肥料利用率

**中图分类号:**TQ449+.1;S641.3

**文献标识码:**A

**文章编号:**1008-505X(2002)04-0414-05

## Study on physiological effect and fertilizer utilization rate of controlled release nitrogen fertilizer for pepper

HUANG Yun<sup>1</sup>, LIAO Tie-jun<sup>1</sup>, XIANG Hua-hui<sup>2</sup>

(1 Resou. and Environ. college, Southwest Agric. Univ., Chongqing 400716, China;

2 Agrotechnique popularize station, Jiunongpo Agric. Bureau, Chongqing 400051, China)

**Abstract:** Soil culture and field biological experiment was used to study the influence on growth, morphological index, yield and fertilizer utilization rate of pepper (*Capsicum annuum* L.) with different nitrogen fertilizers, and the effect of fertilizer on yield and qualities of pepper in two planting methods with and without plastic film covering. The results showed that urea formaldehyde (UF) had the highest rate of absorption and utilization, i.e. 44.4%, increased 17.46%~46.05% compared with other fertilizer. The order of increasing yield of fertilizers was UF > CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub> > NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> > NH<sub>4</sub>HCO<sub>3</sub>. Yield of UF treatment was 1.88 times that of CK, the index of length, width of fruit weight per fruit and fruit rate of pepper increased markedly compared with the other treatments. The yield was positively related to UF rate, when UF rate was 600kg/hm<sup>2</sup>, the yield and economic benefit were higher, and fertilizer benefit dropped with UF in excess. Compared covered plastic film with uncovered soil planting in same rate of UF, the treatment of covered plastic film planting increased yield range by 15.16% to 16.45%, and the contents of total sugar and vitamin C increased with the increase of UF, but the effects on dry matter and total acidity were smaller.

**Key words:** controlled release nitrogen fertilizer; pepper; physiological effect; fertilizer utilization rate

收稿日期:2001-08-24

基金项目:农业部“九五”重点项目(95农-03-02-01);863计划(2001AA246022)资助。

作者简介:黄云(1962—),女,四川宜宾人,硕士,副教授,主要从事作物施肥与环境的研究。

21世纪持续农业的发展方向是由高效的农业产量,合理的环境保护和生物多样性共同构成的,在获得农业高产的同时,不能以牺牲环境为代价,而必须保护环境和促进生物的发展<sup>[1,2]</sup>。随着人粮矛盾的日益加剧,土壤肥力与肥料管理的问题越来越突出<sup>[3]</sup>。提高土壤质量体现在提高肥力,提高肥料利用率,减少不合理化肥投入给土壤环境带来的压力<sup>[4]</sup>。高浓度速效的化学肥料对增加农作物产量起到了巨大作用,然而,由此引发的土壤污染、肥力减退的问题在某些区域日趋严重。肥料研究中,围绕着人口-资源-环境-粮食这一组矛盾,研究开发高浓度控释肥料,日益引起人们的重视,并成为肥料研究的发展方向之一。美国早在30年代就已开始研制缓释肥料,并于1955年实现商品化生产。此后,日本、法国、俄罗斯也相继开始这方面的研究,并申请了许多缓效控释肥的专利,其中部分实现商品化生产<sup>[5]</sup>。

我国缓效及控释肥的开发研究已取得初步的进展<sup>[6,7]</sup>,上海化工研究院于1977年采用一步合成法成功制取草酰胺肥料,南京土壤研究所、郑州工业大学等开发出了磷酸盐包膜尿素,南京农业大学也从事了包膜复混肥方面的研究。随着全国各地控释肥研究工作的逐步深入,缓效及控释肥料可望有较大的发展。纵观各国缓效肥、控释肥的开发和研究使用,目前最大的障碍是控释肥的价格是常规化肥的数倍,因而,有机缓效控释肥多作特殊用途(如草坪、花卉等),极少用于大田农业。如何降低成本,是控释肥逐步应用于农业生产的关键,探索控释肥对蔬菜的生理效应及合理科学使用方法,有利于促进控释肥的进一步开发研究。本研究通过盆栽试验和田间生物试验研究了控释N肥脲甲醛对辣椒的生理效应及控释肥料在土壤中的利用率,旨在为经济效益较高的蔬菜中施用控释肥提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于2000年2月至7月于西南农业大学试验农场和重庆市北碚区蔡家岗镇进行。土壤系侏罗纪沙溪庙组紫色泥页岩发育而成的灰棕紫泥菜园土,其基本性质为,质地中壤,pH 6.62,有机质 25.68g/kg,全N 1.18g/kg,速效N 122.7mg/kg,全P 0.57g/kg,速效P 16.3mg/kg,全K 21.47g/kg,速效K 165.1mg/kg。

试验用肥料为脲醛缩合物-脲甲醛(urea formaldehyde, UF,含N 38%),在实验室由尿素和甲醛缩合而成(采用不同比例甲醛和尿素并配以调理剂而形成不同缩合度的脲甲醛,

以控制N素的释放时间和速度,供试成品是通过系列模拟试验筛选配制而成,使其与辣椒的营养需求<sup>[8]</sup>相适应)。其余肥料品种尿素( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ )、硝酸铵( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ )、碳酸氢铵( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ )均为农用商品化肥。供试作物为辣椒(*Capsicum annuum* L.),品种为早熟品种川椒B。

1.1.1 盆栽试验 试验设:1)CK(不施N肥),2) $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ,3) $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,4) $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ,5)UF等5个处理,4次重复。所有处理均施过磷酸钙和硫酸钾作底肥,用量为每盆(5kg土)施 $\text{P}_2\text{O}_5$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ 各0.75g,氮肥除CK外,每盆均等量施N 2.5g。各种肥料在装盆时与土壤均匀混合。

1.1.2 田间试验 采用覆膜和露地2种方法栽培。设脲甲醛(UF)不同用量处理,分别为:1)CK(不施N肥),2)400kg/hm<sup>2</sup>,3)600kg/hm<sup>2</sup>,4)800kg/hm<sup>2</sup>,5)1000kg/hm<sup>2</sup>。以800kg/hm<sup>2</sup>腐熟的堆肥,300kg/hm<sup>2</sup>过磷酸钙( $\text{P}_2\text{O}_5$  12%)和140kg/hm<sup>2</sup>硫酸钾( $\text{K}_2\text{O}$  50%)为肥底,全部作为基肥一次施用。小区面积3m×4m,3次重复,种植规格为行株距30cm×30cm,双株定植。

### 1.2 样品采集及分析

盆栽试验在移栽后15,30,45d分别测定其株高,并取中位叶进行分析;果实形态指标为采收果实的平均值,于试验结束时取样分析。

大田试验采用露地和覆膜条件下的常规管理,分期分小区累计计产。基础土壤养分含量用常规农化分析法测定,植株N、P、K用 $\text{H}_2\text{SO}_4\text{-H}_2\text{O}_2$ 消煮,联合测定。辣椒品质分析采集大田后期果实小区混合样,干物质用烘干法测定,总糖用碘量法测定,维生素C含量用碘酸钾法测定,总酸度用滴定法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同N肥品种对辣椒生长的影响

各品种肥料处理,对辣椒株高均较CK有良好的促进作用,但不同时期的影响有较大差异(表1)。在定植后15d内,相同供N量,各品种的速效N肥都较控释N肥体现出较大的优势,株高增加幅度为3.55%~24.11%。速效N肥中又以 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 效果最佳,其次是 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。相对来说, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 在速效N肥中对株高的作用与控释肥UF接近。这说明硝态N肥肥效最猛,而尿素在土壤中需经脲酶分解转化后才能被植株吸收,故前期尿素在速效N肥中肥效较缓。随着时间的推移,各肥料品种对株高的影响开始发生变化,控释N肥的效果逐步体现,在种植30d时,已超过尿素和碳铵,仅次于硝铵;45d后各肥料品种的作用顺序发生了显著变化。不同N肥对株高的影响顺序为:UF> $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ > $\text{NH}_4\text{NO}_3$ > $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ >CK。表明控释N肥能适时缓慢释放其养分并能与植株生长的需求较为一致。

表1还看出,种植40d后分析各处理果实指标的平均值表明,施肥的各N肥品种较CK提高单果重9.30%~18.34%,果宽增加5.41%~10.81%,座果率提高10.34%~33.48%,但控释N肥获得最佳单果重、果长和最高座果率;速效N肥间,单果重

以 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 较高,其次为 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 和 $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ,三者间差异不大,单果重速效N肥处理较UF低4.03%~7.60%。座果率比较,UF比其它速效N肥有极明显优势,表明N素的控释效果较明显,但肥料品种对果宽无显著影响。

表1 不同N肥品种对辣椒生理性状的影响

Table 1 Effect of physiological properties of pepper with different N fertilizers

处理 Treatment	株高 Plant height (cm)			单果重 Fruit weight (g)	果长 Fruit length (cm)	果宽 Fruit width (cm)	座果率 Fruit setting (%)
	15d	30d	45d				
	CK	13.4	26.4				
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	14.6	35.2	45.8	45.2	11.2	3.9	54.6
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	17.5	38.7	45.2	44.2	12.1	4.1	55.5
$\text{NH}_4\text{HCO}_3$	16.5	36.1	43.1	43.5	11.5	3.9	49.1
UF	14.1	37.8	46.8	47.1	12.5	4.0	59.4

## 2.2 不同肥料品种处理对植株养分含量及肥料利用率的影响

植株养分分析结果(表2)表明,速效N肥的处理叶片中N素含量随生育进程而发生显著变化。营养生长早期含量高,随后呈逐步下降的趋势,3种速效N肥的变化趋势一致,这是由于植株进入旺盛生长后产生的稀释效应所致;而控释N肥却是在营养生长与生殖生长并进时期养分含量达最高,进入果实膨大期后再出现下降。这可能因为控释N肥在适当缩合度及调理剂的配合下起到了以一定速度释放养分的控释功能,故前期控释N肥养分释放量低于速效N肥品种,而后受植株根系不断生长的刺激逐渐增加释放。在进入结果期后N素大量向果实中转移,故45d后,叶片养分含量开始下降。在15d时 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 处理含量最高,不同时期含量变化最大,结果期却是UF的含量最高,其次是 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 处理。植株中P和K的含量较CK略有

增加,P含量增加0.02~0.07个百分点,K含量增加0.34~0.53个百分点。说明P、K养分在N的基础上得到了促进和发挥,但各肥料品种间均较接近。

根据分析结果,N素在45d的累积吸收量UF处理明显高于各速效N肥处理, $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ 和 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ 非常接近, $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ 最低,各施肥处理N素累积量是CK的2.01~2.24倍。按差减法获得各N肥的利用率,UF处理利用率高于各速效N肥品种6.6~14.0个百分点。其利用率的高低顺序为 $\text{UF} > \text{CO}(\text{NH}_2)_2 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。在等量用肥情况下,控释肥UF对N的吸收累积量和利用率均高于速效N肥的原因与肥料品种特性密切相关,表明尿素N肥通过有机缩合并辅以控释剂能代替传统的包膜技术而实现养分控释,控释肥在土壤中养分适时释放,在一定程度上与辣椒营养需求较为一致。

表2 辣椒叶片的养分含量、N吸收量及N肥利用率

Table 2 The nutrients content of leaf and N absorption and utilization rate of pepper

处理 Treatment	叶片养分含量 Nutrient content of leaf (%)					N吸收量 N Absorb. (g/pot)	N利用率 NUR (%)
	N			P <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O		
	15d	30d	45d	45d	45d		
CK	3.45	3.38	3.25	0.41	7.15	0.75	-
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	4.36	4.26	4.17	0.46	7.49	1.68	37.8
$\text{NH}_4\text{NO}_3$	4.98	4.67	4.08	0.48	7.68	1.65	36.2
$\text{NH}_4\text{HCO}_3$	4.71	4.60	4.13	0.43	7.58	1.51	30.4
UF	4.29	4.48	4.19	0.47	7.65	1.86	44.4

### 2.3 不同 N 肥品种处理对辣椒生物产量的影响

盆栽试验生物产量结果(图1)表明,各不同 N 肥处理间产量呈现出显著的差异,供肥量相同的情况下,各肥料品种较 CK 增产 50.22%~87.85%,其中以 UF 的增产效果最佳,  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$  因物理性质不良,易挥发,增产效果较差。不同 N 肥品种间增产效果顺序为:  $\text{UF} > \text{CO}(\text{NH}_2)_2 > \text{NH}_4\text{NO}_3 > \text{NH}_4\text{HCO}_3$ 。由于速效 N 肥在辣椒营养生长阶段释放养分快,肥料产生的效益不高。控释肥的科学量比配置及复合技术在一定条件下达到养分的动态平衡供应,实现了作物对养分的高效利用。此外,可能与不同 N 肥品种在根际的物理特性相关<sup>[9]</sup>。

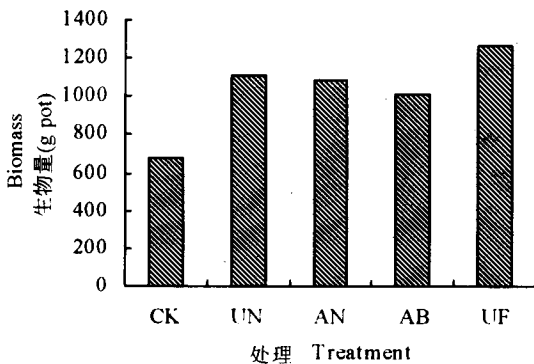


图1 不同 N 肥品种对辣椒生物产量的影响

Fig. 1 Effect of different N fertilizers on biomass of pepper

(UN-尿素 Urea, AN-硝酸铵 ammonium nitrate, AB-碳酸氢铵 ammonium bicarbonate, UF-脲甲醛 urea formaldehyde)

### 2.4 控释 N 肥不同用量对辣椒产量和品质的影响

2.4.1 对辣椒产量的影响 表3表明,不同 UF 供量对辣椒产量有显著的影响。覆膜栽培下,UF 各处理较 CK 增产 12.77%~21.73%;露地栽培增产 5.99%~13.15%;相同用量处理,UF 在覆膜条件下产量较露地增加 15.16%~16.45%,且随 UF 用

表3 不同控释肥用量对辣椒产量的影响

处理 Treat. (kg/hm <sup>2</sup> )	产量 Yield (kg/plot)	
	覆膜 Covered	露地 Uncovered
CK	28.90 ± 0.325 a A	26.70 ± 0.255 a A
400	32.59 ± 0.329 b B	28.30 ± 0.248 b B
600	35.01 ± 0.273 c C	29.82 ± 0.119 c C
800	35.11 ± 0.106 c C	30.16 ± 0.716 c C
1000	35.18 ± 0.216 c C	30.21 ± 0.265 c C

注:每列不同大小写字母表明差异达 1% 或 5% 显著水平;小区面积为 12m<sup>2</sup>。

Note: Different capital and small letters in row means significant at 1% and 5% levels; Area of plot is 12m<sup>2</sup>.

量增加而提高。由此表明,控释 N 肥在早春与适宜的栽培方法相配合,更能体现其优势的增产效益。不同用量处理相比较看出,增产量较大而经济效益又最高的处理为 UF 用量 600kg/hm<sup>2</sup>,供量较低时,虽然单位养分产生的效益较高,但总产较低;供量过大时,肥料效益急剧下降,并会造成了肥料的浪费。

### 2.4.2 不同控释肥用量处理对辣椒品质的影响

参照有关辣椒的营养产出指标<sup>[10]</sup>的测定结果(表4)表明,不同控释肥用量对辣椒品质有一定的改善作用。与 CK 相比较,在 P、K 为肥底的基础上施用控释 N 肥,辣椒总糖含量在适量供肥范围内,有随用量增加而增加的趋势。其提高幅度为:覆膜栽培增加 4.30%~10.63%,总糖含量与 UF 用量之间的关系为:  $y = 3.0281 + 0.0003x$ ,  $r = 0.9293^*$ ;露地栽培增加 6.04%~14.43%,总糖含量与 UF 用量之间的关系为:  $y = 3.0272 + 0.0003x$ ,  $r = 0.8349$ ;2 种栽培方式相比较,在 UF 相同用量下,露地栽培的总糖含量略高于覆膜栽培。维生素 C 的含量也呈现出与总糖含量相似的变化规律,其含

表4 不同控释肥处理对辣椒品质的影响

Table 4 Effect of different UF treatment on qualities of pepper

处理 Treatment (kg/hm <sup>2</sup> )	干物质 (%)		总糖 (%)		总酸度 (%)		维生素 C (mg/kg)	
	Dry matter		Total sugar		Total acidity		Vitamin C	
	A	B	A	B	A	B	A	B
CK	9.65	10.12	3.01	2.98	0.67	0.78	1568	1682
400	9.87	10.56	3.14	3.16	0.68	0.74	1661	1689
600	9.91	10.89	3.24	3.34	0.71	0.75	1671	1726
800	9.93	10.31	3.33	3.41	0.70	0.77	1671	1733
1000	9.89	10.29	3.20	3.27	0.71	0.72	1673	1735

注(Note): A 表示覆膜栽培, B 表示露地栽培。A and B means covered and uncovered culture, respectively.

量与 UF 用量之间的关系为:覆膜栽培  $y = 1591.8918 + 0.1016x$ ,  $r = 0.8608^*$ , 露地栽培  $y = 1678.7567 + 0.0611x$ ,  $r = 0.9244^*$ 。总酸度分析比较,不同 UF 用量间及与 CK 比较,没有显著的变化,含量相对较为稳定,2种栽培方式间也没明显不同。干物质含量各处理间十分接近,UF 不同用量对其作用不明显。综合比较看出,UF 用量间,以  $600 \text{ kg/hm}^2$  为最佳,高量供肥虽品质较佳,但经济效益较低。

### 3 结论

对控释 N 肥与其它多种速效 N 肥比较研究表明,控释 N 肥具有良好的物理性能,在土壤中溶解度大小适宜,能有效控制 N 的释放速度,具有肥效稳长的特点,在微生物及作物根系的作用下释放养分以满足作物整个生育期的需求。控释 N 肥能明显提高辣椒对 N 素的吸收,增加 N 肥的利用率,促进了养分在作物体内的高效利用。这些结果证明,在控释肥的研究中走结构重组的复合调理技术是可行的,对进一步研究其他多养分和同一养分多元成分组合控释肥料提供了依据。

田间的露地和覆膜 2 种栽培方式的试验表明,UF 适量范围内,覆膜栽培的经济效益大大高于露地栽培。在本试验条件下,UF 具有良好的生物效应和改善品质的作用,预示出具有发展前景。

走改变肥料结构,多选择重组复合技术是研制控释 N 肥途径之一。随着农业生产的发展,对肥料

提出了更高的要求,养分的高效利用和保持良好的生态环境始终是追求的目标。脲醛类 N 肥(UF)在生物试验中取得了一定成效,为进一步研究系列化控释肥创造了有利条件。深入探索尿素与其他天然有机物料进行复合的控释转型技术以及 N 与 P、K 形态组合量比与养分定向控释技术,寻求更为有效的调理剂、更佳的反应条件和处理技术,以期更有效地控制养分释放速度,使之与作物的养分需求基本同步,对肥料工业和农业持续发展将具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 皮广洁,黄云. 农业资源利用与管理[M]. 北京:中国林业出版社,2000. 16-18.
- [2] 赵其国. 面向 21 世纪的土壤科学[A]. 中国土壤学会第九次全国会员代表大会论文集(综合卷)[C]. 1999. 1-7.
- [3] 李家康,等. 对我国化肥使用前景剖析[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(1):1-9.
- [4] 张凤荣. 中国土地资源及其可持续利用[M]. 北京:中国农业大学出版社,2000. 50-51.
- [5] 何绪生,等. 控释肥料的研究进展[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(2):97-106.
- [6] 符建荣. 控释 N 肥对水稻的增产效应及提高肥料利用率的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):145-152.
- [7] 樊小林,等. 控释肥料与平衡施肥和提高肥料利用率[J]. 植物营养与肥料学报,1998,4(3):219-223.
- [8] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国肥料[M]. 上海:上海科学技术出版社,1994. 731-735.
- [9] 韩振海,等. 园艺植物根际营养学的研究[J]. 园艺学报,1993,20(2):116-122.
- [10] 葛晓光. 蔬菜的营养产出及其评价指标的研究[J]. 园艺学报,1993,20(3):261-266.