

# 增效氮肥对玉米生长及土壤无机态氮浓度的影响

王建成<sup>1,2</sup>, 车宗贤<sup>1,2</sup>, 蔡立群<sup>1</sup>

(1. 甘肃农业大学资源与环境学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 在靖远县北滩乡井滩村布设大田试验, 测定了 3 种肥料、6 个施肥处理对玉米生长及土壤无机态氮浓度的影响。结果表明, 在施氮量相同的情况下, 与常规施肥和施入等氮硫酸铵相比, 施用增效氮肥可使玉米生育期延长 4 d, 折合产量较常规施肥和施入等氮硫酸铵分别提高 10.71%、13.18%, 分别增收 3 138.74、3 780.74 元/hm<sup>2</sup>, 收益率为 10.71%、13.18%。室内测定的不同肥料对土壤无机态氮浓度的影响结果表明, 施用增效氮肥可延长肥效 20~30 d, 提高肥料利用率 10% 以上。

**关键词:** 增效氮肥; 玉米; 土壤无机态氮; 影响

**中图分类号:** S513; S643.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1463(2013)08-0025-04

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2013.08.009](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2013.08.009)

## Effect of Efficiency Nitrogen Fertilizer on Corn Growing and Soil Inorganic Nitrogen Concentration

WANG Jian-cheng<sup>1,2</sup>, CHE Zong-xian<sup>1,2</sup>, CAI Li-qun<sup>1</sup>

(1. College of Resources and Environmental Sciences, Gansu Agricultural University, Lanzhou Gansu 730070, China; 2. Institute of Soil Fertilizer and Water-saving Agriculture, Gansu Academy of Agricultural Science Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** Though field experiment, 6 treatments using 3 kinds of fertilizers setted to explore the effects on maize growth in Jingyuan North Beach country of Gansu. The results showed that efficiency nitrogen fertilizer treatment can increase maize growing 4 days than others, increased yield 10.71% and 13.18%, increased income 3 138.74 yuan/hm<sup>2</sup> and 3 80.74 yuan/hm<sup>2</sup> than conventional fertilization and nitrogen ammonium sulfate treatments. In addition, indoor measurement of the effect of different fertilizer on soil inorganic nitrogen concentration results show that the efficiency of nitrogen fertilizer applied can be applied to extend 20 ~ 30 d, improve the utilization rate of fertilizer by more than 10%.

**Key words:** Efficiency nitrogen fertilizer; Corn; Soil Inorganic Nitrogen; Effect

玉米是我国主要的粮食作物之一, 约占全国粮食总产量的 1/3, 播种面积和产量都处于世界第 2 位。氮肥的科学合理使用已成为玉米生产中的重要问题<sup>[1-2]</sup>。目前, 我国的氮肥施用量约占全世界的 1/3, 但当季利用率仅为 30% ~ 35%<sup>[3]</sup>。氮肥的不合理施用, 一方面表现为投入增加、生产效益低下, 造成资源浪费; 另一方面对环境产生的负面影响进一步影响了农业的可持续发展<sup>[4-5]</sup>。我们在靖远县北滩乡井滩村研究了增效氮肥对玉米生

长及土壤无机态氮浓度的影响, 旨在验证增效氮肥的施用效果, 为其大面积示范推广提供依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 试验材料

供试肥料为: 增效氮肥 (主要原料为硫酸铵, 含 N ≥ 20%, 双氰胺 0.4% ~ 0.6%, 粒度 1.00 ~ 4.75 mm ≥ 90%, 水分 ≤ 1%), 由甘肃先锋农业科技有 限公司提供; 尿素 (含 N 46%), 由甘肃刘化有 限责任公司生产; 硫酸铵 (含 N 21%), 由吉林大地化工

收稿日期: 2013-05-30

作者简介: 王建成 (1976—), 男, 甘肃民勤人, 助理研究员, 主要从事植物营养、土壤肥料与节水农业方面的研究与示范推广工作。联系电话: (0)13893668018。E-mail: tfswangjiancheng@163.com

通讯作者: 车宗贤 (1964—), 男, 甘肃会宁人, 研究员, 主要从事土壤肥料与节水农业、绿色农业等方面的研究与示范推广工作。联系电话: (0)13893122532。E-mail: chezongxian@163.com

集团股份有限公司生产；普通过磷酸钙（含 $P_2O_5$  12%），由白银靖东磷肥厂生产；硫酸钾复合肥（含 $K_2O$  45%），由山东临沂天邦化工有限公司生产。指示玉米品种为沈单16号。

## 1.2 试验方法

### 1.2.1 增效氮肥对玉米生长的影响

试验在靖远县北滩乡井滩村进行。试验区海拔1 645 m，年均气温 $6.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $\geq 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的有效积温 $2\ 622\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，年日照时数 $2\ 919\text{ h}$ ，年太阳总辐射量 $616.2\text{ kJ/cm}^2$ ，蒸发量 $2\ 369\text{ mm}$ ，年降水量 $250\text{ mm}$ ，无霜期 $160\sim 170\text{ d}$ 。试验地土壤为灰钙土，轻度盐碱，肥力中等，前茬为油菜。试验前对耕层（ $0\sim 20\text{ cm}$ ）土壤进行测定，土壤含有有机质 $7.86\text{ g/kg}$ 、全氮 $0.78\text{ g/kg}$ 、全磷 $1.12\text{ g/kg}$ 、碱解氮 $88.9\text{ g/kg}$ 、速效磷 $8.9\text{ mg/kg}$ 、速效钾 $180\text{ mg/kg}$ ， $\text{pH}$ 为 $7.26$ 。

试验设6个处理。处理①常规施肥（ $CK_1$ ），施尿素 $750.00\text{ kg/hm}^2$ ，其中结合整地施尿素 $300.00\text{ kg/hm}^2$ ，拔节期结合灌水挖穴追施 $450.00\text{ kg/hm}^2$ 。处理②施硫酸铵 $1\ 642.5\text{ kg/hm}^2$ （ $CK_2$ ），其中结合整地施 $657.00\text{ kg/hm}^2$ ，拔节期结合灌水挖穴追施 $985.50\text{ kg/hm}^2$ 。处理③施增效氮肥 $1\ 725.00\text{ kg/hm}^2$ ，其中结合整地施 $862.50\text{ kg/hm}^2$ ，拔节期挖穴追施 $862.50\text{ kg/hm}^2$ 。处理④施增效氮肥 $1\ 552.50\text{ kg/hm}^2$ ，其中结合整地施 $776.25\text{ kg/hm}^2$ ，大喇叭口期挖穴追施 $776.25\text{ kg/hm}^2$ 。处理⑤施增效氮肥 $1\ 380.00\text{ kg/hm}^2$ ，其中结合整地施 $690.00\text{ kg/hm}^2$ ，大喇叭口期挖穴追施 $690.00\text{ kg/hm}^2$ 。处理⑥施增效氮肥 $1\ 207.50\text{ kg/hm}^2$ ，其中结合整地施 $603.75\text{ kg/hm}^2$ ，大喇叭口期挖穴追施 $603.75\text{ kg/hm}^2$ 。播前各处理基施等量腐熟农家肥 $45\ 000.00\text{ kg/hm}^2$ 、普通过磷酸钙 $1\ 050.00\text{ kg/hm}^2$ 、硫酸钾复合肥 $225.00\text{ kg/hm}^2$ 。试验按处理①、处理②、处理③施氮量相同，处理④、处理⑤、处理⑥施增效氮肥量比处理③分别减少10%、20%、30%设计。

试验随机区组排列，3次重复，小区面积 $30\text{ m}^2$ （ $5\text{ m}\times 6\text{ m}$ ）。试验于4月13日播种并覆膜，玉米宽

窄行平膜点播，宽行 $80\text{ cm}$ ，窄行 $40\text{ cm}$ ，株距 $25\text{ cm}$ ，播深 $3\sim 5\text{ cm}$ ，每穴播种子2粒，定苗1株，保苗 $66\ 000\text{ 株/hm}^2$ ，全生育期灌水3次，拔节后用50%三氯杀螨醇乳油1 000倍液喷雾防治红蜘蛛，其它管理同当地大田。玉米生长期观察记载物候期，统计群体动态及主要农艺性状。10月2日收获时，每小区随机抽取20株考种，测定株高、穗位高、穗长、穗粒数、百粒重等。按小区单收计产。

### 1.2.2 增效氮肥对无机态氮浓度的影响

在试验室内进行，与室外试验相比，只施氮肥，不施有机肥及磷钾肥，施氮量为 $300.00\text{ kg/hm}^2$ 。设4个处理，3次重复，处理A不施肥，处理B常规施肥，即施尿素 $750.00\text{ kg/hm}^2$ ，处理C施硫酸铵 $1\ 642.86\text{ kg/hm}^2$ ，处理D施增效氮肥 $1\ 725.00\text{ kg/hm}^2$ 。

采用培养法测定不同处理土壤中 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量，肥料一次性施入。具体做法是取试验地（ $0\sim 20\text{ cm}$ ）耕层土壤风干，过筛（ $2\text{ mm}$ ）后称取 $500\text{ g}$ 装入小瓷盆（ $10\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ ），按量称取所需氮肥用研钵磨碎，与瓷盆内的土壤混匀，将水分调至田间持水量的60%，用保鲜膜封口，然后置于恒温 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下培养9 d，每隔3 d称重1次，重量减轻视为水分损失，再补蒸馏水至培养初期重量。分别于施肥后1、3、10、20、30、40 d各称取土壤 $20\text{ g}$ ，加入 $2\text{ mol/L}$ 的KCl溶液 $100\text{ mL}$ ，振荡30 min后过滤，滤液用于测定土壤 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 和 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 含量。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 测定采用靛酚蓝比色法， $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 用紫外分光光度法测定。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对玉米的影响

#### 2.1.1 生育期

从表1可以看出，不同处理对玉米生育期有一定的影响，以处理③最长，为 $156\text{ d}$ ，较 $CK_1$ 、 $CK_2$ 推迟4 d；处理④次之，为 $154\text{ d}$ ，较 $CK_1$ 、 $CK_2$ 推迟2 d；处理⑤与 $CK_1$ 、 $CK_2$ 相同，处理⑥最短，为 $151\text{ d}$ ，较 $CK_1$ 、 $CK_2$ 提前1 d。表明随着增效氮肥施用量的减少生育期有缩短的趋势。

表1 不同施肥处理玉米的物候期及生育期

处理	物候期(日/月)								生育期(d)
	播种期	出苗期	拔节期	大喇叭口期	抽雄期	扬花期	灌浆期	成熟期	
①( $CK_1$ )	13/4	30/4	17/6	18/7	25/7	28/7	9/8	28/9	152
②( $CK_2$ )	13/4	30/4	17/6	17/7	24/7	29/7	8/8	28/9	152
③	13/4	30/4	17/6	19/7	26/7	30/7	10/8	2/10	156
④	13/4	30/4	17/6	18/7	25/7	28/7	9/8	30/9	154
⑤	13/4	30/4	17/6	17/7	24/7	27/7	8/8	28/9	152
⑥	13/4	30/4	17/6	17/7	23/7	26/7	7/8	27/9	151

2.1.2 经济性状 从表2可以看出,玉米株高以处理③最高,为286.5 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>高14.2、13.8 cm;处理④次之,为272.9 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>高0.6、0.2 cm;处理⑥最低,为261.5 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>低10.8、11.2 cm。穗位高以处理③最高,为134.7 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>高7.3、7.8 cm;处理④次之,为128.1 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>高0.7、1.2 cm;处理⑥最低,为113.6 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>低13.8、13.3 cm。茎粗以处理③最粗,为5.13 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>粗0.02、0.03 cm;处理①、处理④次之,均为5.11 cm,与CK<sub>1</sub>相同,较CK<sub>2</sub>粗0.01 cm;处理⑥最细,为5.04 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>细0.07、0.06 cm。穗长以处理③最长,为21.1 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>长0.6、0.7 cm;处理④次之,为20.4 cm,较CK<sub>1</sub>短0.01 cm,与CK<sub>2</sub>相同;处理⑥最短,为18.9 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>短1.6、1.5 cm。穗粗以处理③最粗,为5.3 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>粗0.2、0.3 cm;处理④次之,为5.1 cm,与CK<sub>1</sub>相同,较CK<sub>2</sub>粗0.1 cm;处理⑥最细,为4.8 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>细0.3、0.2 cm。秃顶长处理③最短,为0.40 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>短0.21、0.22 cm;处理④次之,为0.60 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>短0.01、0.02 cm;处理⑥最长,为0.70 cm,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>长0.09、0.08 cm。穗粒数以处理③最多,

为644.0粒,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>多13.8、17.9粒;处理④次之,为625.6粒,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>少4.6、0.5粒;处理⑥最少,为602.2粒,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>少28.0、23.9粒。穗粒重以处理③最重,为243.4 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>重12.2、17.7 g;处理④次之,为227.2 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>重4.0、1.5 g;处理⑥最轻,为190.7 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>轻40.5、35.0 g。百粒重以处理③最重,为36.9 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>重1.1、1.2 g;处理④次之,为35.4 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>轻0.4、0.3 g;处理⑥最轻,为30.9 g,分别较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>轻4.9、4.8 g。

2.1.3 玉米产量和经济效益 从表3分析可得,折合产量以处理③最高,为15 166.7 kg/hm<sup>2</sup>,较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>分别增产10.71%、13.18%;处理④次之,为14 000.0 kg/hm<sup>2</sup>,较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>分别增产2.19%、4.48%;处理⑥最低,为11 100.0 kg/hm<sup>2</sup>,较CK<sub>1</sub>、CK<sub>2</sub>分别减产18.98%、17.16%。利用SPSS 15.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)软件进行方差分析表明,处理③与所有处理间的产量差异均达极显著水平,处理①与处理②、处理④之间差异不显著,处理①、处理②、处理④与处理⑤、处理⑥间差异均达极显著水平。

对各处理经济效益进行分析可知,处理③比处理①、处理②分别增收3 138.74、3 780.74元/hm<sup>2</sup>,

表2 不同施肥处理玉米的主要经济性状<sup>①</sup>

处理	株高 (cm)	穗位高 (cm)	茎粗 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	秃顶长 (cm)	穗粒数 (粒)	穗粒重 (g)	百粒重 (g)
①(CK <sub>1</sub> )	272.3	127.4	5.11	20.5	5.1	0.61	630.2	231.2	35.8
②(CK <sub>2</sub> )	272.7	126.9	5.10	20.4	5.0	0.62	626.1	225.7	35.7
③	286.5	134.7	5.13	21.1	5.3	0.40	644.0	243.4	36.9
④	272.9	128.1	5.11	20.4	5.1	0.60	625.6	227.2	35.4
⑤	266.4	115.4	5.07	19.2	5.0	0.68	613.7	204.4	34.6
⑥	261.5	113.6	5.04	18.9	4.8	0.70	602.2	190.7	30.9

①表中数据为各处理3次重复的平均值。

表3 不同施肥处理玉米的产量与经济效益

处理	小区平均产量 (kg/30 m <sup>2</sup> )	折合产量 (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK <sub>1</sub> 增产 (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK <sub>1</sub> 增产率 (%)	较CK <sub>2</sub> 增产 (kg/hm <sup>2</sup> )	较CK <sub>2</sub> 增产率 (%)	产值 <sup>①</sup> (元/hm <sup>2</sup> )
①(CK <sub>1</sub> )	41.1	13 700.0 Bb			300.0	2.24	29 318.00
②(CK <sub>2</sub> )	40.2	13 400.0 Bb	-300.0	-2.19			28 676.00
③	45.5	15 166.7 Aa	1 466.7	10.71	1 766.7	13.18	32 456.74
④	42.0	14 000.0 Bb	300.0	2.19	600.0	4.48	29 960.00
⑤	36.9	12 300.0 Cc	-1 400.0	-10.22	-1 100.0	-8.21	26 322.00
⑥	33.3	11 100.0 Dd	-2 600.0	-18.98	-2 300.0	-17.16	23 754.00

①当地玉米收购价为2.14元/kg。

表4 不同培养时间各处理NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N和NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N的浓度

处理	mg/kg					
	1 d	3 d	10 d	20 d	30 d	40 d
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N浓度						
A	8.8	6.6	5.2	4.1	3.4	2.2
B	188.7	243.6	137.7	86.5	54.3	9.5
C	202.4	285.8	120.1	54.5	39.2	8.4
D	160.6	184.7	156.2	122.4	102.4	74.3
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N浓度						
A	58.4	68.7	72.1	77.9	80.3	85.4
B	98.7	155.5	259.7	323.6	364.7	378.9
C	101.1	162.4	266.5	337.9	384.4	386.2
D	96.3	138.8	222.4	284.9	330.1	348.1

增收率分别为10.71%、13.18%；处理②比处理①减收300.00元/hm<sup>2</sup>，减收率为2.19%；处理④比处理①、处理②分别增收642.00、1 284.00元/hm<sup>2</sup>，增收率分别为2.19%、4.48%（表3）。扣除人工工资（50元/人·次）及肥料（尿素2 000元/t、硫酸铵950元/t、增效氮肥1 300元/t）差价后，处理③比处理①、处理②增收3 078.74、3 713.24元/hm<sup>2</sup>，处理④比处理①、处理②分别增收948.0、1 590.0元/hm<sup>2</sup>。可见施用增效氮肥与习惯施肥和施等氮硫酸铵相比，不仅可减少用工还可获得较高的经济效益。

## 2.2 不同处理对土壤无机态氮浓度的影响

由表4可知，在40 d的培养中，处理A的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度在2.2~8.8 mg/kg。各施肥处理的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度均在施肥3 d后达到高峰，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度峰值从高到低依次为处理C（202.4 mg/kg）、处理B（188.7 mg/kg）、处理D（160.6 mg/kg）；随着时间的推后，各施肥处理的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度均逐渐下降，下降速度从大到小依次为处理C、处理B、处理D；培养的40 d时，处理C（8.4 mg/kg）和处理B（9.5 mg/kg）的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度已接近起初的土壤NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度（8.8 mg/kg）。仅有处理D的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度保持相对较高的数值（74.3 mg/kg），且在整个过程中处理D的NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N浓度上升或下降幅度都最小，说明与尿素和硫酸铵相比，增效氮肥可持续不断地向土壤中供氮，尿素次之，硫酸铵最差。可见施用增效氮肥延长了土壤供氮时间，能被作物更好的吸引利用。

在40 d的培养中，随着培养天数的增加，各处理NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N浓度呈稳步增长的态势。处理A培养40 d后，硝态氮浓度达85.4 mg/kg，较培养初提高46.2%；其它处理肥料施入前3 d，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N生成量较少，在以后的培养过程中，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N生成量呈直线上升的趋势，处理C、处理B的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N增长速度

较快，而处理D的NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N增长速度相对较慢。说明肥料施入土壤后，在微生物和酶的作用下，NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N逐渐转化成NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N，NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N的浓度增大，其转化速度从快到慢依次为硫酸铵、尿素、增效氮肥。对3种肥料效应的综合分析表明，增效氮肥以平缓的速度向土壤中释放无机态氮，使作物能较好的吸收利用；而尿素、硫酸铵以较快的速度向土壤中释放无机态氮，部分无机态氮流失，造成肥料利用率下降，同时对环境造成污染。

## 3 小结与讨论

- 1) 在施氮量相同的情况下，与常规施肥和等氮硫酸铵施肥相比，施用增效氮肥可使玉米生育期延长4 d，折合产量较常规施肥和施用等氮硫酸铵分别增产10.71%、13.18%，分别增收3 138.74、3 780.74元/hm<sup>2</sup>，收益率为10.71%和13.18%。
- 2) 增效氮肥以平缓的速度向土壤中释放无机态氮，使作物能较好的吸收利用，可延长肥效期20~30 d，提高肥料利用率10%以上。而尿素和硫酸铵以较快的速度向土壤中释放无机态氮，部分无机态氮流失，不仅造成肥料利用率下降，同时对环境也造成污染。

## 参考文献：

- [1] 张国梁，章申. 农田氮素淋失研究进展[J]. 土壤，1998，30(6): 291-297.
- [2] 严君，韩晓增，祖伟. 供氮方式对黑土土壤无机氮浓度的影响[J]. 水土保持学报，2011(1): 53-57.
- [3] 冯应新，陈炳东，王生录，等. 氮肥不同用量及集雨补灌对旱地地膜玉米产量的影响[J]. 甘肃农业科技，1999(9): 37-39.
- [4] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴[M]. 北京：中国农业出版社，2001.
- [5] 赵萍萍，王宏庭，郭军玲，等. 氮肥用量对夏玉米产量、收益、农学效率及氮肥利用率的影响[J]. 山西农业科学，2010(11): 43-46.

（本文责编：王颢）