



化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

尿素增值技术研究进展

赵 秉 强

中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

电 话: 010-82108658 (办) 13911670612 (手机)

E-mail: bqzhao@163.com

zhaobingqiang@caas.cn



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





报告内容

一、尿素改性增效的意义与途径

二、增值尿素研究进展

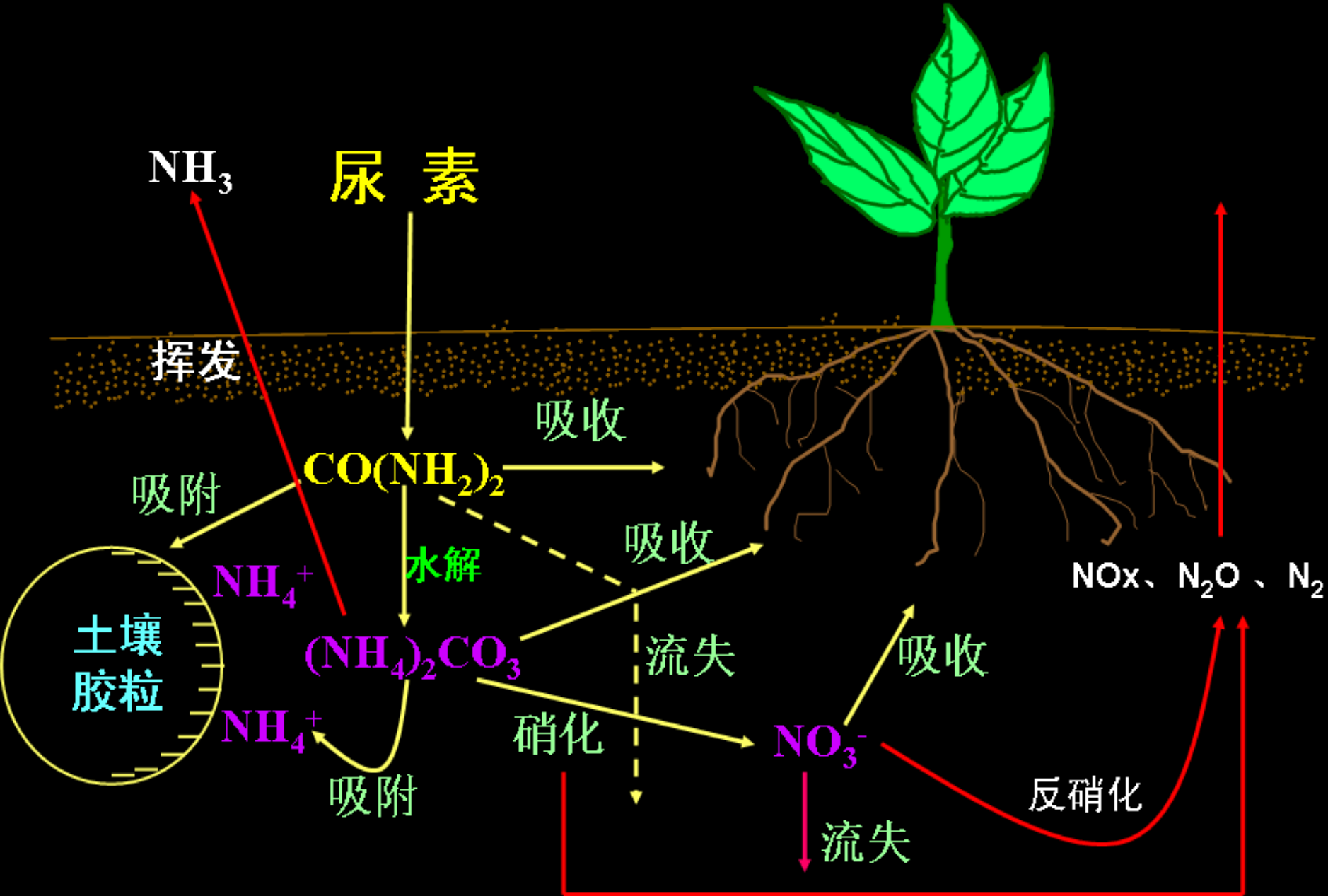
三、《化肥增值产业技术创新联盟》工作进展





一、尿素改性增效的意义与途径

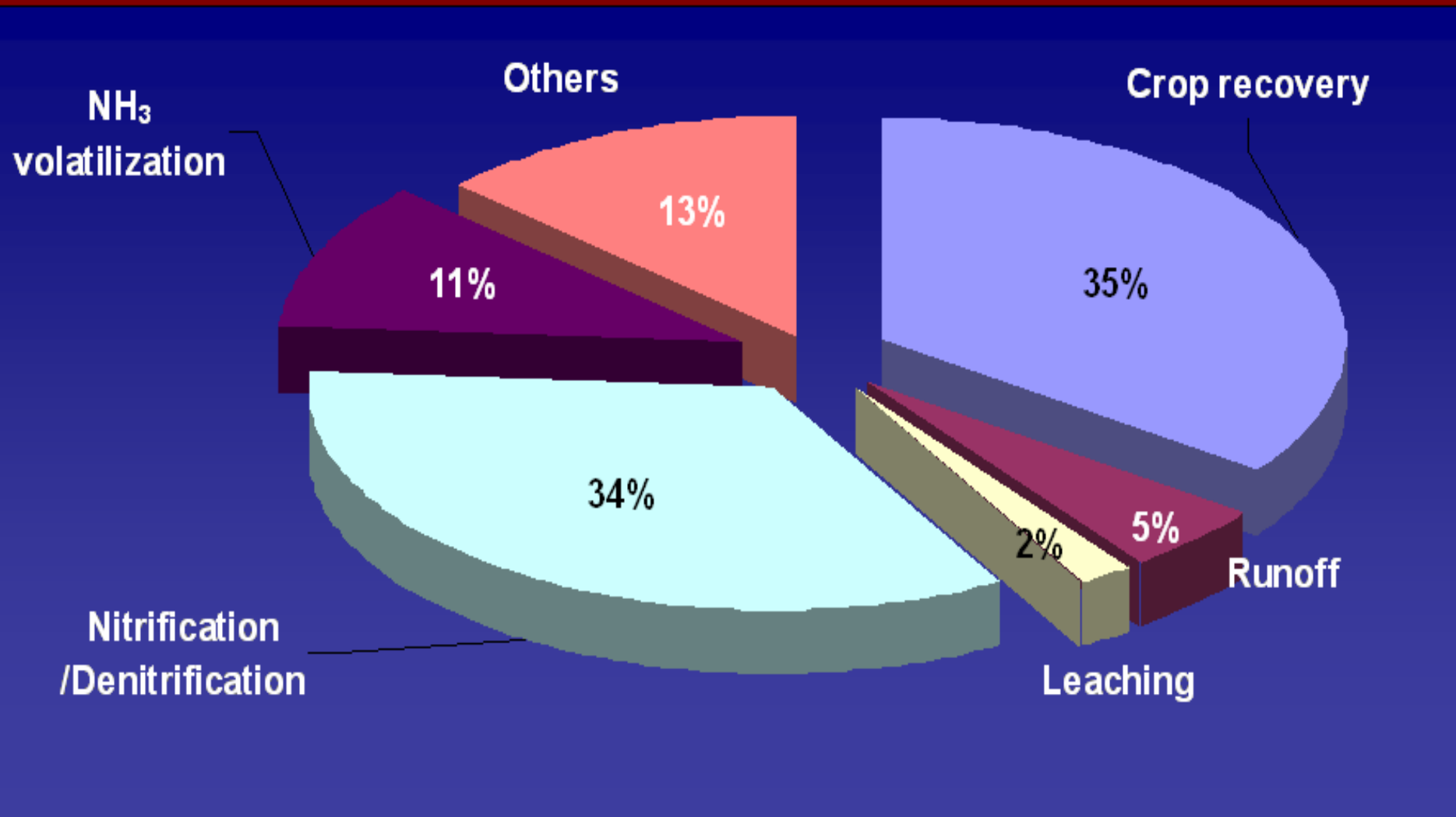




尿素在土壤中变化的示意图

我国作物生长期间氮肥在农田中的去向

(Z. Zhu et al. 2006)





化学氮肥在土壤中不易残留后续利用

长期肥料试验10年累计N平衡

处理	地上部带出(%)	耕层土壤积累(%)	其他(%)
CK	—	—	—
N	19.3	3.0	77.7
NP	41.1	-0.3	59.2
NK	22.3	3.1	71.6
PK	—	—	—
NPK	44.6	2.5	52.9
NPK+M	40.8	10.4	37.6
1.5(NPK+M)	39.2	23.2	37.6

全国土壤肥力与肥料效益长期试验网不同类型土壤（吉林黑土、新疆灰漠土、河南潮土、重庆紫色土、湖南红壤10年定位试验数据平均）





- 目前，我国农业消费的尿素氮肥接近2000万吨/年（纯氮），通过气态挥发、淋洗和径流等途径损失掉的尿素氮肥达到1000万吨，折合尿素2100多万吨，直接经济损失450亿元人民币，不仅造成能源与资源的巨大浪费，而且对环境造成极大威胁。
- 对普通尿素产品进行改性增效，提高利用率、减少损失、节本增效、保护环境，具有十分重要的意义。





尿素改性增效的主要途径

尿素
改性
增效
技术

缓释法改性增效

包膜缓释：高聚物包膜，无机材料包膜

合成微溶态缓释肥料：脲甲醛、异丁叉二脲（**IBDU**）、丁烯叉二脲（**CDU**）

稳定法改性增效：添加脲酶抑制剂、消化抑制剂等材料，
通常叫稳定性肥料

增效剂法改性增效：添加生物活性物质类氮肥增效剂，如海藻酸、腐植酸、氨基酸等，增效剂改性尿素通常叫增值尿素





二、增值尿素研究进展

发展增值尿素 提高氮肥利用率





二、增值尿素研发进展

1. 增值尿素的定义

- 增值尿素 (Value-added Urea) 是增效肥料的一种，专指在尿素生产过程中加入海藻酸、腐植酸和氨基酸等天然活性物质所生产的尿素改性产品。
- 海藻酸、腐植酸和氨基酸等增效剂都是植物源的，可以提高尿素氮肥利用率，且环保安全。





二、增值尿素研发进展

- 世界上许多国家都在通过开发植物源的肥料增效剂，用于对化肥进行改性增效。
- 日本的丸红公司、美国第二大农化服务公司HELENA公司等都具有自己独立技术的肥料增效剂多达上百种；
- 欧洲于2011年成立了生物刺激素产业联盟，促进了肥料增效剂在农业中的应用。



欧洲生物刺激素产业联盟主页

<http://www.biostimulants.eu>



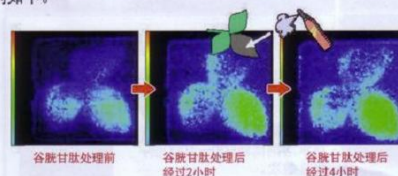


二、增值尿素研发进展

日本钟化公司利用谷胱甘肽作物肥料增效剂，谷胱甘肽被植物吸收后，通过卡尔文循环的活化，有利于高效同化、固定 CO_2 ，作物增产**10%-40%**。



- GSSG被吸收到植物体内，通过卡尔文循环的活化，有利于高效同化、固定 CO_2 。叶面吸收的相关实验案例如下。



GSSG水溶剂（叶面喷雾用）

日本：肥料登记证号92775



GSSG粒剂（土壤散布用）

日本：肥料登记证号92697



● 对作物的实际效果

- ▶ 产量增加
- ▶ 促进生根
- ▶ 促进花芽形成
- ▶ 果实膨大
- ▶ 提高质量(提高糖度等)
- ▶ 抗逆性
- ▶ 春化处理效果





二、增值尿素研发进展

2. 增值尿素的特点

- 含氮量不低于46%，符合尿素含氮量国家标准（GB2440-2001）；
- 增效明显，添加的增效剂具有常规的可检测性；
- 增效剂为植物源天然物质及其提取物，对环境、作物和人体无害；
- 增效剂微量高效，添加量在0.3‰-3‰之间；
- 工艺简单，成本低。





增值尿素具有产业优势

包膜尿素	稳定性尿素	脲醛类肥料	增值尿素
二次加工， 需特殊设备	基本不存在二次加工	二次加工	不存在二次加工
工艺复杂	工艺简单	工艺较复杂	工艺简单
成本高	成本较高	成本较高	成本较低
使用技术要求高	使用技术要求不高	使用技术要求不高	使用技术要求不高
膜残留	腐蚀设备， 不适于豆科作物	环境问题： 产生甲醛	增效剂环保安全





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

增值尿素受到市场欢迎

- 多肽尿素、双酶尿素、海藻酸尿素、锌腐酸尿素、炭能尿素、SOD尿素、聚能网尿素、金尿素等，年产量超过300万吨，占尿素总产量近5%。
- 推广面积1.5亿亩，增产粮食45亿公斤，农民增收80多亿元，减少尿素损失超过60万吨。增值尿素为农业增产、农民增收、环境保护和促进我国肥料产业技术升级做出了贡献。



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

- 增值尿素产品标准制定相对滞后，行业或国家质量标准控制缺失，产品质量参差不齐。应当加快相关行业或国家标准的制定。



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





3. 增值尿素新产品

中国农业科学院新型肥料团队，在国家863计划、国家科技支撑计划等项目的支持下，经过近10年的努力，研制出发酵海藻液、锌腐酸、禾谷素系列尿素增效剂；开发了海藻酸尿素、锌腐酸尿素和禾谷素尿素增值尿素新产品，并制定了相应产品的企业标准，申报了多项国家发明专利；与山东瑞星集团合作，实现了产业化；在全国建立了增值尿素新产品试验、示范网络。



海藻尿素
AU

锌腐酸尿素
HAU

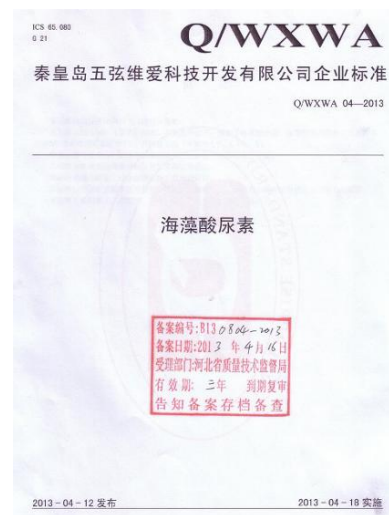
禾谷素尿素
AMU





二、增值尿素研发进展

3.1 海藻酸尿素



企
业
标
准

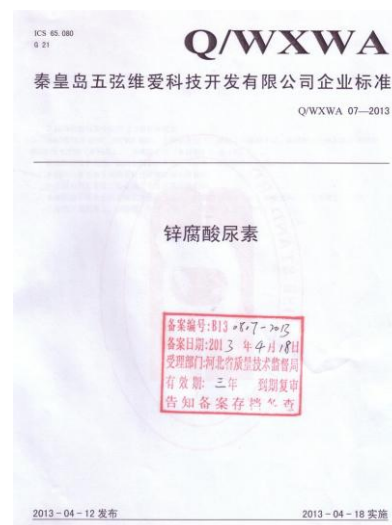
- 海藻酸尿素：该增值尿素产品的颜色为浅黄色至浅棕色，含氮量 $\geq 46\%$ ，海藻酸含量 $\geq 0.03\%$ ，尿素残留差异率 $\geq 10\%$ ，氨挥发抑制率 $\geq 10\%$ 。





二、增值尿素研发进展

3.2 锌腐酸尿素



企
业
标
准

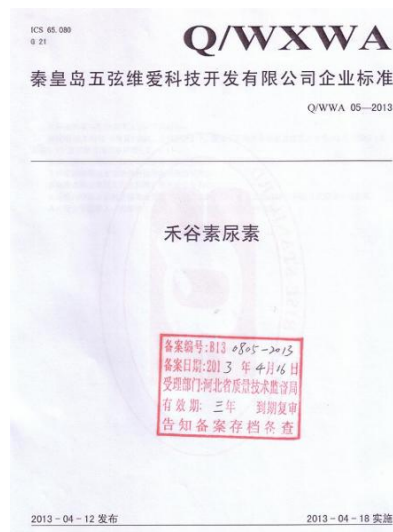
- 锌腐酸尿素：该增值尿素产品的颜色为棕色至黑色，含氮量 $\geq 46\%$ ，腐植酸含量 $\geq 0.12\%$ ，腐植酸沉淀率 $\leq 40\%$ ，氨挥发抑制率 $\geq 10\%$ 。





二、增值尿素研发进展

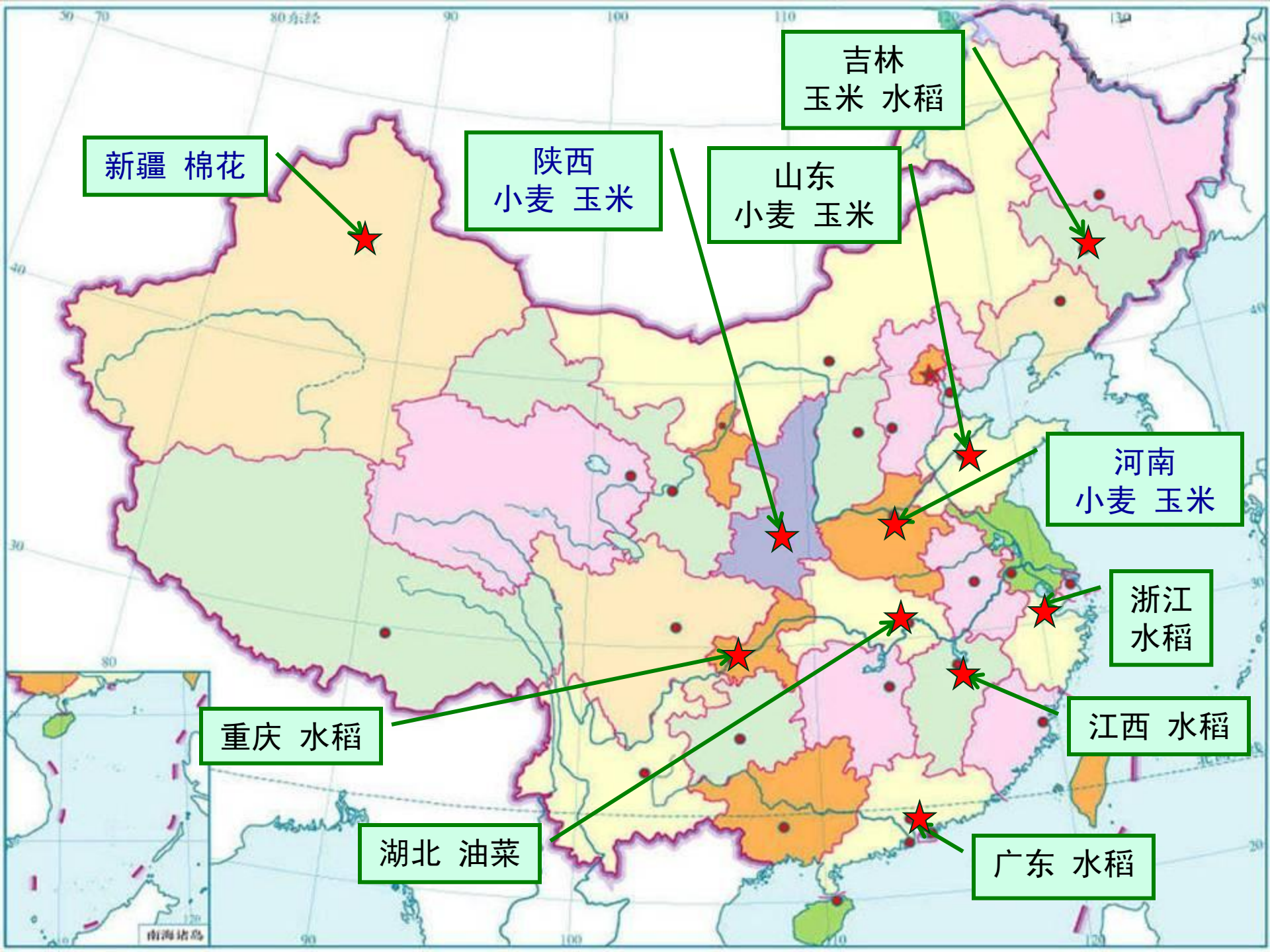
3.3 禾谷素尿素



企
业
标
准

- 禾谷素尿素：该增值尿素产品的颜色为白色至浅黄色，含氮量 $\geq 46\%$ ，氨基酸含量 $\geq 0.08\%$ ，氨挥发抑制率 $\geq 10\%$ 。





新疆 棉花

陕西
小麦 玉米

山东
小麦 玉米

吉林
玉米 水稻

河南
小麦 玉米

浙江
水稻

江西 水稻

重庆 水稻

湖北 油菜

广东 水稻

南海诸岛



4. 增值尿素试验(17个省、12种作物、56个试验)

省份	作物	试验个数	持续年限	负责人
黑龙江	水稻、玉米、大豆	4	5	张喜林
吉林	水稻、玉米	3	7	朱平
内蒙古	马铃薯	2	4	樊明寿
新疆	棉花	3	7	刘桦
山东	小麦、玉米、棉花、花生、葱、姜、蒜	12	6	李絮花
河南	小麦、玉米	4	7	宝德俊
湖北	油菜	2	5	余常兵
湖南	水稻	2	3	纪雄辉
江西	水稻	2	5	刘增兵
四川	水稻	2	3	陈庆瑞
重庆	水稻	2	7	石孝均
广东	水稻、香蕉、甘蔗	5	4	彭智平
浙江	水稻	2	7	陈义
陕西	小麦、玉米	2	7	杨学云
甘肃	小麦、玉米、马铃薯、油菜、棉花	5	3	车宗贤
辽宁	水稻、花生	2	1	韩晓日
天津	水稻	2	1	高贤彪





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance



山东小麦试验



新疆棉花试验



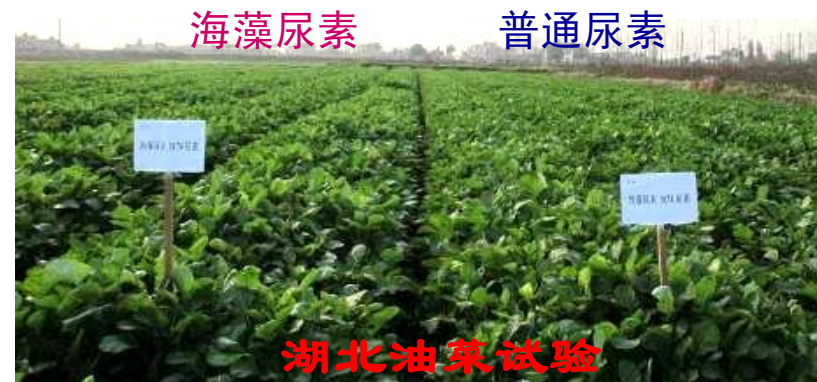
江西水稻试验 2011/09/20



广东水稻试验



陕西玉米试验



海藻尿素

普通尿素

湖北油菜试验



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





4. 增值尿素网络化效果验证试验

作物平均增产9.6%，

氮肥利用率平均提高7.9个百分点。





4. 增值尿素试验



^{15}N 试验研究表明，腐植酸增效尿素可明显提高氮肥利用率（**2007**，赵秉强等）

处 理	氮素利用 (%)	土壤残留 (%)	损失 (%)
CK	37.3 d	18.8 b	43.9 a
HA1	42.5 c	17.9 d	39.6 b
HA2	50.5 a	19.1 a	30.4 d

玉米的 ^{15}N 盆栽试验





4. 增值尿素试验

增值尿素对小麦氮肥利用率的影响（**2013**，袁亮，赵秉强）

处理 Treat ment	氮肥表观 利用率 N apparent recovery (%)	¹⁵ N利用率 ¹⁵ N recovery (%)	肥料氮土壤 残留率 Residual rate of fertilizer N(%)	肥料氮 损失率 Fertilizer N loss rate(%)	氮肥农学 效率 N Agronomic efficiency(kg /kg)
U	26.04 d	50.01 b	36.62 b	13.38 a	5.97 d
AU	32.42 b	52.42 a	41.84 a	5.74 c	8.78 b
HAU	41.67 a	53.71 a	42.44 a	3.86 d	11.35 a
GU	29.12 c	51.56 ab	37.24 b	11.19 b	7.41 c





4. 增值尿素试验

- ◆ 增值尿素的增效机理可概括为以下3个方面：
 - ① 促进作物根系生长，提高根系活力，增强作物养分吸收；
 - ② 调节土壤微生物和酶活性，改变尿素在土壤中的释放、转化和移动过程，减少氨挥发损失和硝态氮淋失；
 - ③ 改变尿素的结构性，延缓尿素的释放和转化速度。

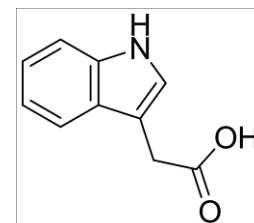
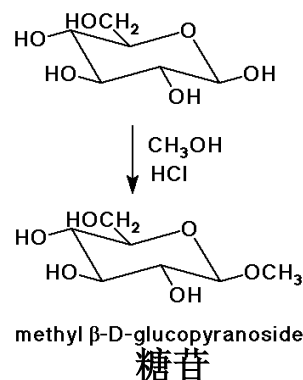
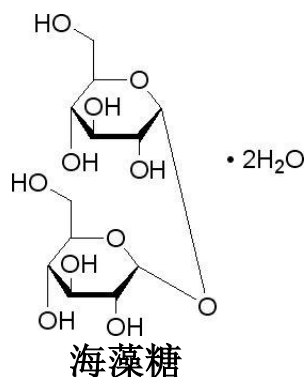
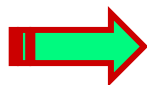




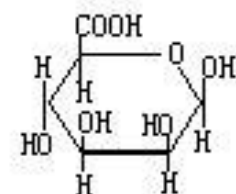
4.1 海藻酸尿素的增效机理



含海藻酸尿素



吲哚乙酸



β-D-甘露糖醛酸
(β-D-甘露吡喃基醛酸)

这些天然的生理活性物质可促进根系生长，提高根系活力，增强作物吸收养分的能力！





4.1 海藻酸尿素的增效机理

(1) 对作物根系生长和活力的影响

表1 苗期玉米根系活力 (mg/g h, TTC法)

处理	根系活力	增加%
CK	1.127	--
A-1	1.493	32.5
A-2	1.576	39.8
A-3	1.529	35.7



苗期玉米根系



成熟期玉米根系





4.1 海藻酸尿素的增效机理

(2) 对土壤脲酶活性和氨挥发累积量的影响

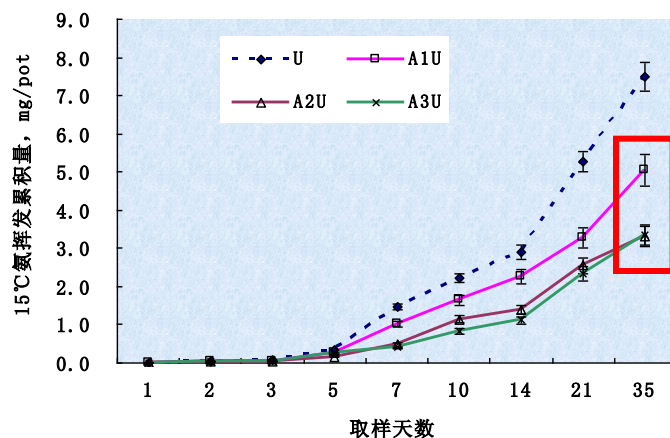


表2 土壤脲酶活性 (25℃) 动态变化 (NH_4^+ -Nug/100g土)

培养天数	1	2	4	7	14
U	560.3	584.5	630.5	649.0	417.2
AU	451.1	483.8	517.2	592.5	439.2
抑制率, %	19.5	17.3	17.9	8.8	-5.0

35天氨挥发抑制率:

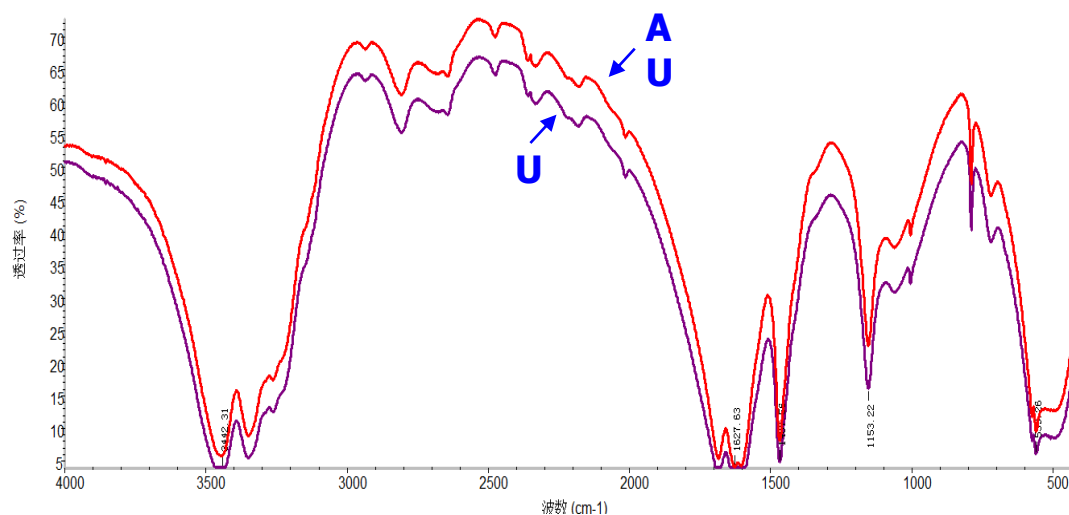
A1-32.7%; A2-56.0%; A3-55.5%





4.1 海藻酸尿素的增效机理

(3) 海藻酸尿素的化学键变化



含海藻酸尿素的红外扫描图谱

官能团	化学键	普通尿素	含海藻酸尿素
炔烃	$C\equiv C-H$ 伸缩振动	3442.3	3444.2, 位移
炔烃	$C\equiv C-H$ 伸缩振动	3349.7	3349.7
烯烃	$C=C$ 伸缩振动	1681.6	消失





4. 增值尿素试验

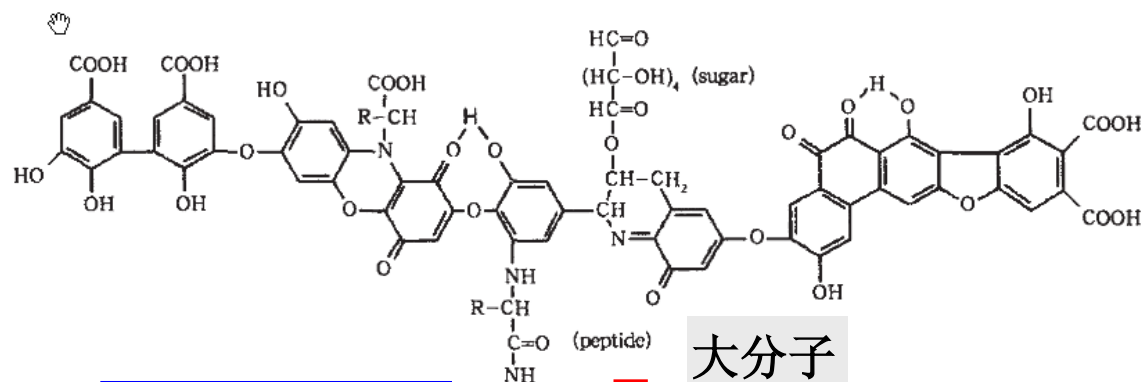
增值尿素对肥料氮在土壤剖面中分布的影响(g) (2013, 袁亮, 赵秉强)

土壤层次 Soil layer (cm)	U	AU	HAU	GU
0~15	0.118 b	0.136 a	0.144 a	0.120 b
15~30	0.283 c	0.293 b	0.345 a	0.276 c
30~50	0.194 c	0.280 a	0.238 b	0.218 bc
50~70	0.028 a	0.018 b	0.015 b	0.028 a
70~90	0.022 a	0.011 b	0.005 c	0.013 b
肥料氮累积量 Fertilizer N Accumulation (gN/pot)	0.644 b	0.736 a	0.747 a	0.656 b

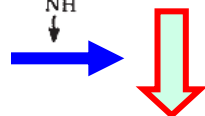




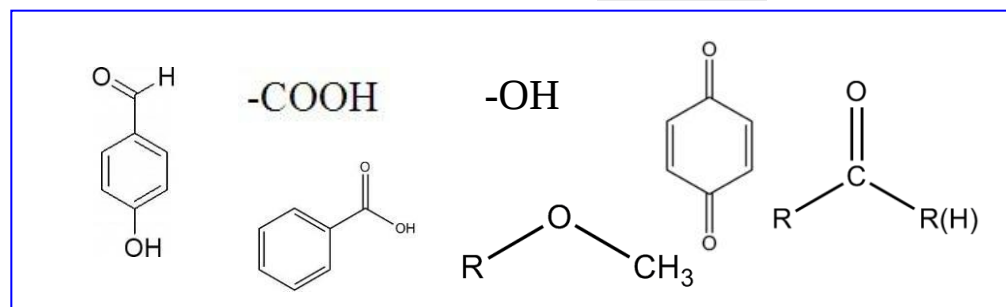
4.2 锌腐酸尿素的增效机理



微生物发酵



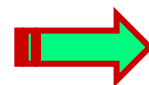
小分子



腐植酸大分子的基本结构是芳环和脂环，环上连有羧基、羟基、羰基、醌基、甲氧基等官能团。



含锌腐酸尿素



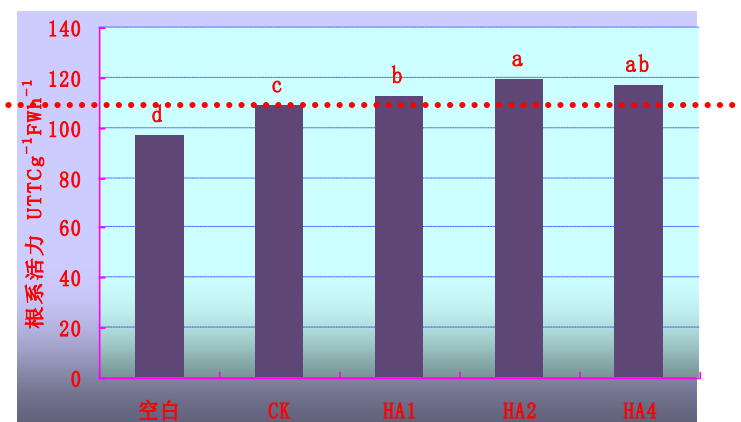
更高生理活性和水溶性



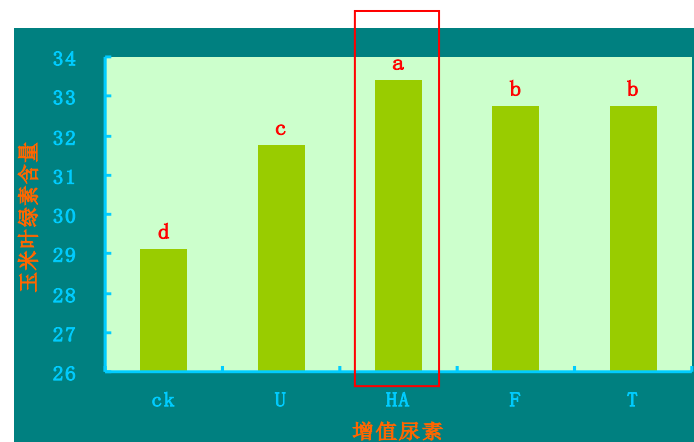


4.2 锌腐酸尿素的增效机理

(1) 对作物根系活力和叶绿素含量的影响



对成熟期玉米根系活力的影响



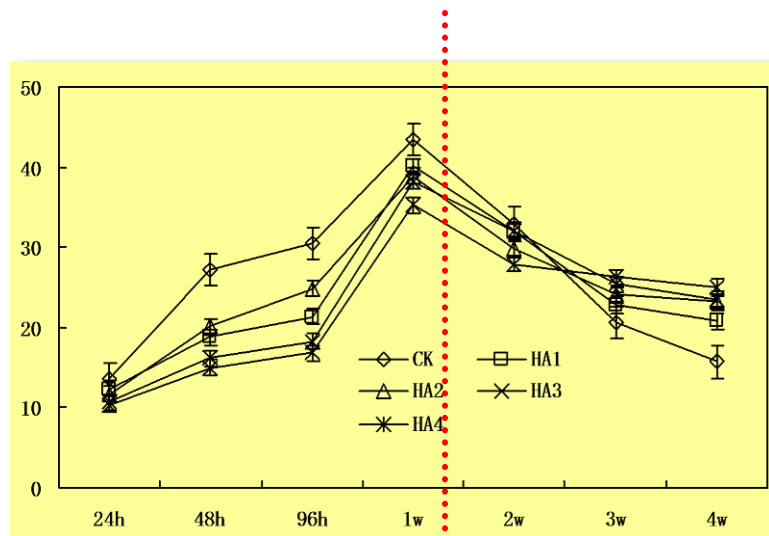
对玉米穗位叶叶绿素含量的影响



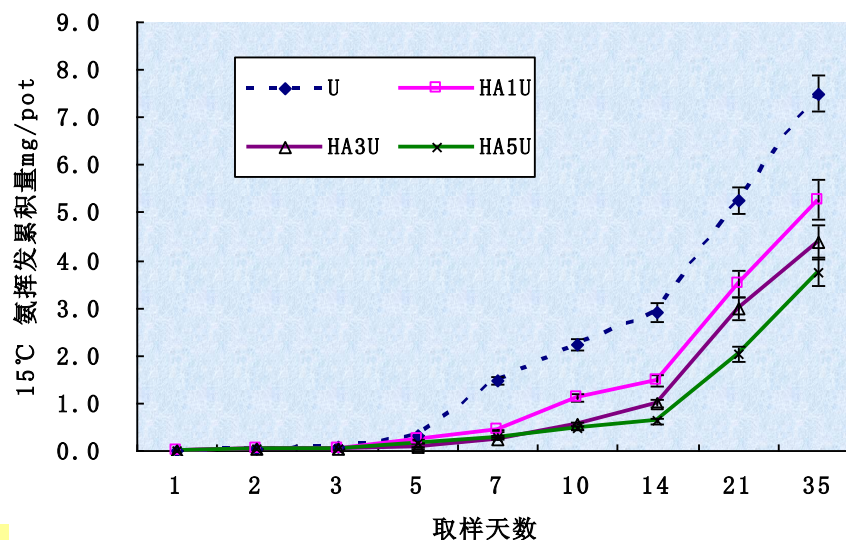


4.2 锌腐酸尿素的增效机理

(2) 对土壤脲酶活性和氨挥发累积量的影响



锌腐酸尿素不同培养时间土壤脲酶活性变化比较



35天氨挥发抑制率:

HA1-29.7%; HA2-41.4%; HA3-50.0%





4.2 锌腐酸尿素的增效机理

(3) 锌腐酸尿素的转化和运移特征

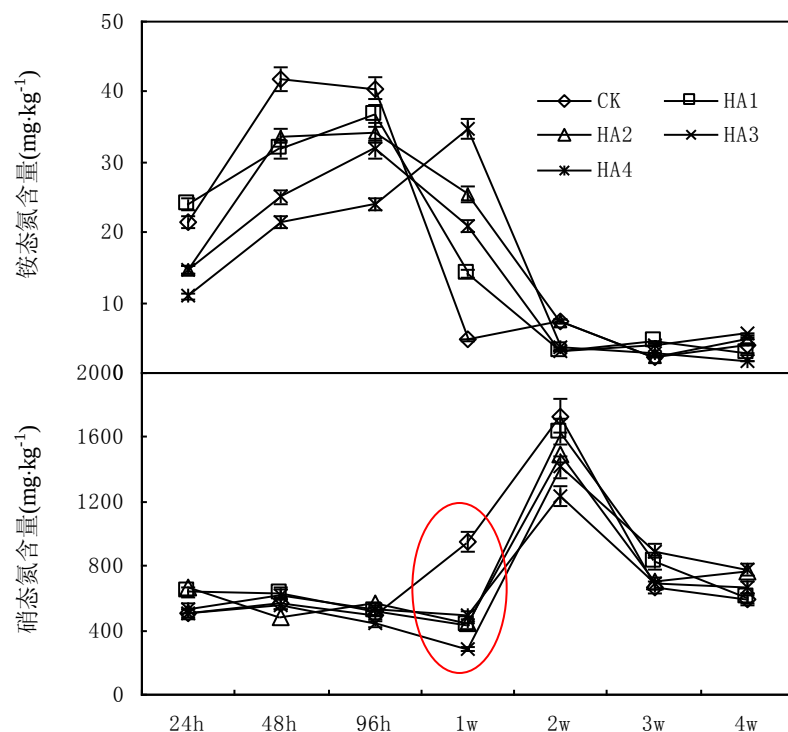


图2-6. 锌腐酸尿素25℃培养硝态氮铵态氮含量

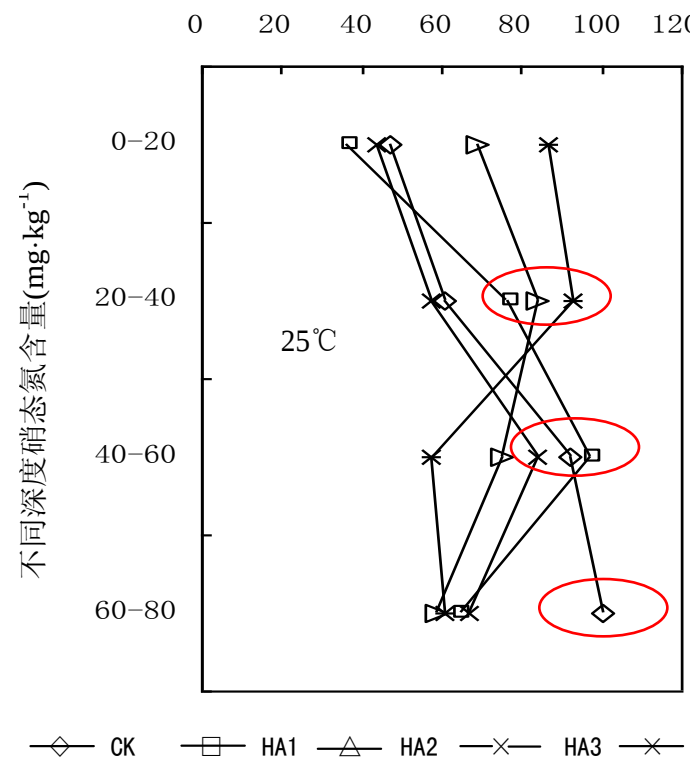


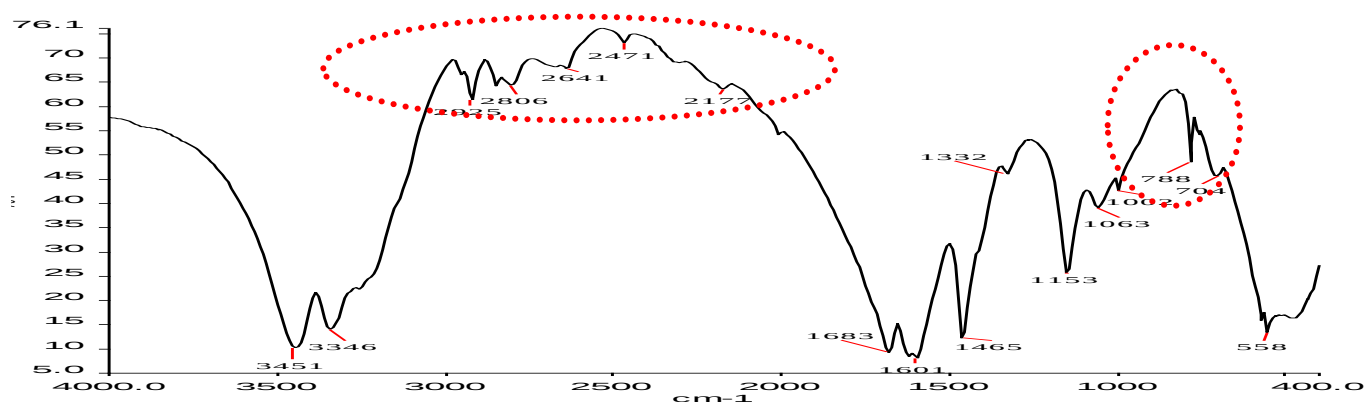
图 2-7 腐植酸增值尿素土柱培养不同深度土壤硝态氮



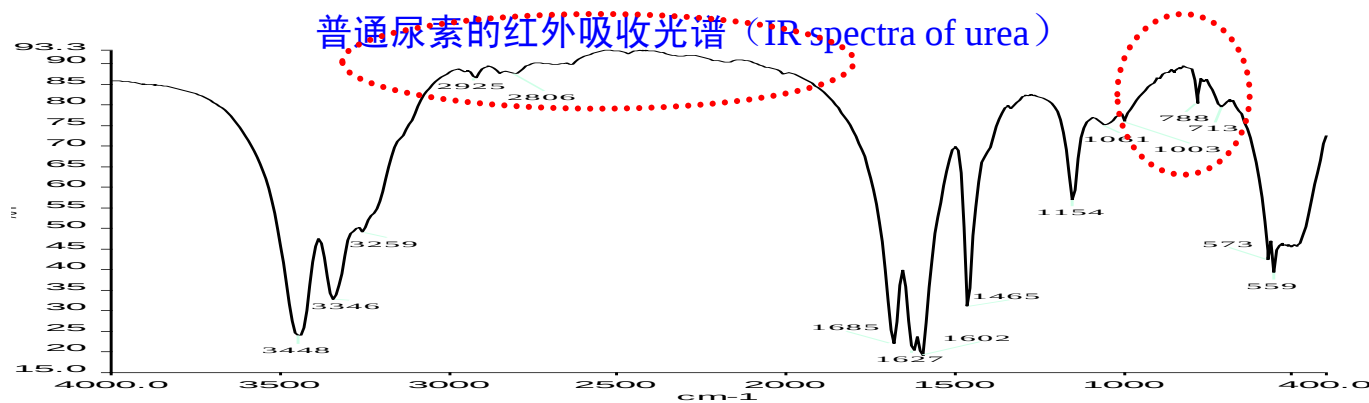


4.2 锌腐酸尿素的增效机理

(4) 锌腐酸尿素的化学键变化



普通尿素的红外吸收光谱 (IR spectra of urea)

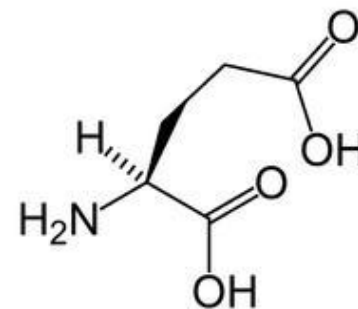


锌腐酸尿素尿素的红外吸收光谱 (IR spectra of urea HA3)





4.3 禾谷素尿素的增效机理



谷氨酸

谷氨酸是植物体内含量最高的氨基酸；

谷氨酸是植物体内多种氨基酸合成的前体。

在植物的生长发育过程中起着至关重要的作用。

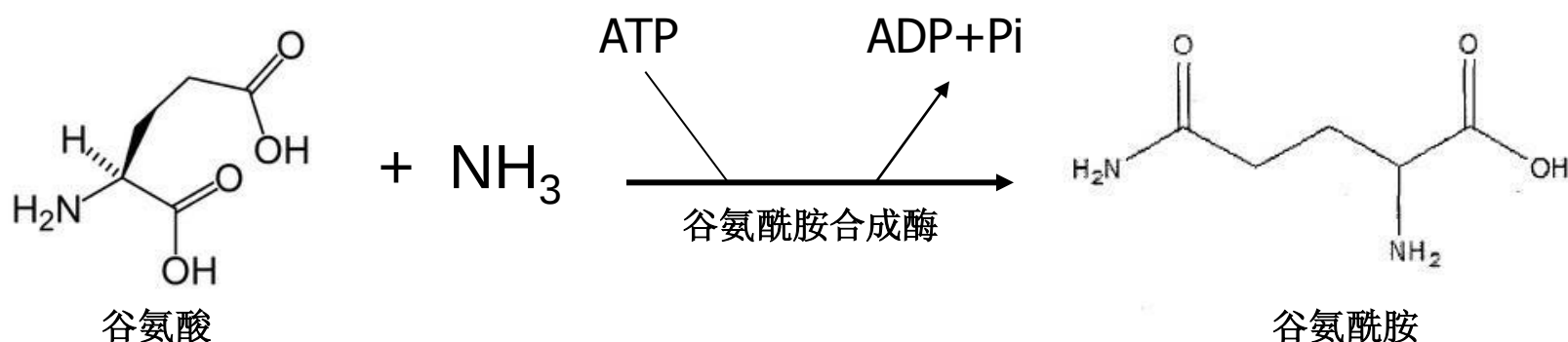


含禾谷素尿素





4.3 禾谷素尿素的增效机理



- 1、储存过量的氮，在植物缺氮的情况下，再分解出氮素，供植物利用。
- 2、与 NH_3 结合，防止因 NH_3 浓度过高而对植物产生的毒害作用。





4.3 禾谷素尿素的增效机理

(1) 对作物根系生长的影响

表4 苗期玉米根系活力 (mg/g h, TTC法)

处理	根系活力	增加%
CK	1.127	--
G-1	1.512	34.2
G-2	1.476	31.0
G-3	1.448	28.5



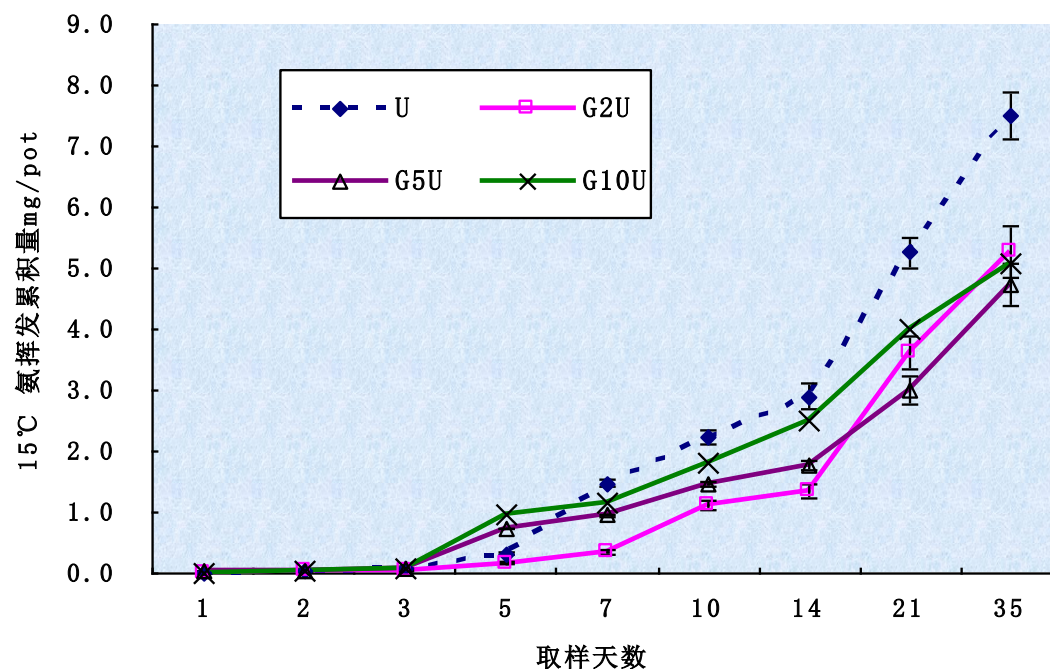
成熟期玉米根系





4.3 禾谷素尿素的增效机理

(2) 对氨挥发累积量的影响



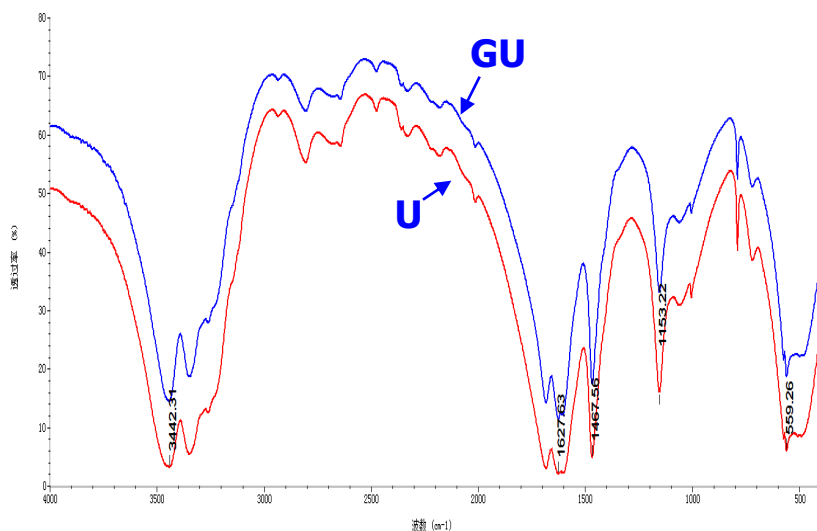
35天氨挥发抑制率：G1-29.6%；G2-36.7%；G3-32.5%





4.3 禾谷素尿素的增效机理

(3) 禾谷素尿素的化学键变化



普通尿素与禾谷素尿素的红外图谱比较

官能团	化学键	U	GU
炔烃	$\text{C}\equiv\text{C-H}$ 伸缩振动	3442.3	3444.2
炔烃	$\text{C}\equiv\text{C-H}$ 伸缩振动	3349.7	
烯烃	$\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动	1681.6	消失
烯烃	$\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动	1627.6	
烯烃	$\text{C}=\text{C}$ 伸缩振动 (共轭)	1602.6	消失
烷烃	$-\text{CH}_2-$ 剪式振动	1467.6	
醇、酚	C-O 伸缩振动	1153.2	
烯烃	$=\text{C-H}$ 面外弯曲	788.7	消失

可使尿素化学键的稳定性增强。





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

三、《化肥增值产业技术创新联盟》工作进展



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

三、《化肥增值产业技术创新联盟》工作进展

2012年12月5日，《化肥增值产业技术创新联盟》在北京成立。



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

化肥增值产业技术创新联盟



指导单位：中国氮肥工业协会



盟主单位：中国农科院农业资源与农业区划研究所



科研院所：中国农科院等技术研发单位组成，负责尿素增值技术研究与新产品开发

生产企业：尿素和增效剂生产企业组成，负责增值尿素新产品产业化和生产

推广单位：15个省农业科学院和农业大学组成，建立增值尿素新产品的试验示范网





三、化肥增值产业技术联盟工作进展

《联盟》理事会表决通过了《化肥增值产业技术创新联盟的章程》，确定了40家《联盟》理事会成员单位和49名理事名单。成员单位中有16家尿素生产企业和2家增效剂企业，这16家尿素企业具备2600万吨的产能，占全国尿素企业产能的50%左右，这将有力促进联盟化肥增值技术的应用和推广，力争未来5年发展1000万吨增值尿素，为我国作物的增产和肥料利用率的提高做出贡献。





三、化肥增值产业技术联盟工作进展

1、专利申请

- 申请了发酵海藻液、改性腐植酸和聚合谷氨酸肥料增效剂发明专利6个，其中禾谷素肥料增效剂已获得授权。
- 申请了海藻酸尿素、锌腐酸尿素和禾谷素尿素发明专利3个，其中锌腐酸尿素已获得授权。





三、化肥增值产业技术联盟工作进展

2、标准备案和制定

- 已备案海藻酸增效液、腐植酸增效液和谷氨酸增效液6个增效剂的企业标准；
- 海藻酸尿素、锌腐酸尿素和禾谷素尿素在山东、河北省备案。
- 正积极进行海藻酸尿素行业标准的研究和制定工作。



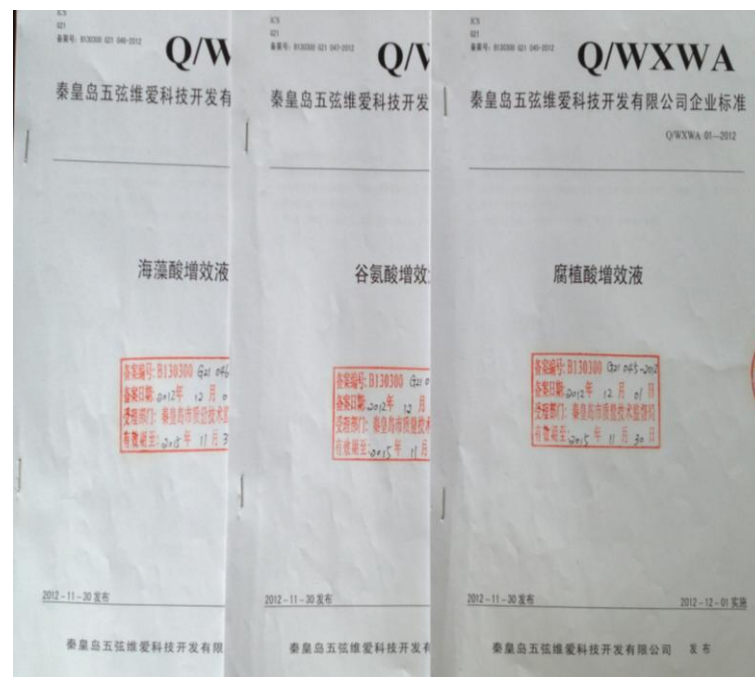


化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance



增值尿素企业标准



增效液企业标准



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance





三、化肥增值产业技术联盟工作进展

3、增效剂登记

- 增效剂申报国家化肥质量监督检测中心（北京）登记，12月份评审。





三、化肥增值产业技术联盟工作进展

4、增值尿素推广应用

- 增值尿素“十二五”国家科技支撑计划课题立项：“环渤海中低产田增值尿素研制与施用技术”（2013BAD05B04）；在辽宁、天津、滨州、禹城、嘉祥等地建立了示范基地；
- 利用锌腐酸尿素、锌腐酸二铵等增值肥料在禹城和嘉祥分别建立了100亩，亩产1500kg粮食高产创建示范田。



5. 宣传工作

增值肥料 开启肥料增值新征程

锌腐酸尿素 耀势登场

隆重招商

增值肥料由中国氮肥协会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、化肥增值产业技术创新联盟联合推介



产品特点

1. 添加活性增效剂，养分利用高；
2. 天然缓释诱导剂，根深苗粗壮；
3. 复合微营养元素，营养更全面；
4. 速效长效相结合，安全大增产。

河北各地联系人及电话

保定：周伟，李经理	13232323568
衡水：周伟，丁经理	13263839665
邢台：石家庆，李经理	13203231996
邯郸：李经理	18031149967
沧州：李经理	13932329709

秦皇岛五维维爱科技发展有限公司

招商热线：
0335-3994608
18833523666（李先生）

增值尿素 开启尿素增值新征程

锌腐酸尿素耀势登场

隆重招商

增值肥料由中国氮肥协会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、化肥增值产业技术创新联盟联合推介



增值尿素 开启尿素增值新征程

锌腐酸尿素耀势登场

隆重招商

增值肥料由中国氮肥协会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、化肥增值产业技术创新联盟联合推介



增值尿素 开启尿素增值新征程

锌腐酸尿素耀势登场

隆重招商

增值肥料由中国氮肥协会、中国农业科学院农业资源与农业区划研究所、化肥增值产业技术创新联盟联合推介





化肥增值产业技术创新联盟

Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟

Thanks

化肥增值产业技术
创新联盟

化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



化肥增值产业技术
创新联盟



中国农业科学院
CHINESE ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES

化肥增值产业技术创新联盟
Synergist for fertilizer of the Industrial Technology Innovation Alliance

