

脲酶抑制剂对小麦产量及氮肥利用效率的影响

王桂良¹, 肖焱波², 叶优良^{1*}, 李欢欢¹, 尚云峰³, 白波⁴, 孟运通⁴

(1. 河南农业大学资源与环境学院, 河南 郑州 45002; 2. 云南民族大学化学与生物技术学院, 云南 昆明 650550;
3. 河南省许昌县土肥站, 河南 许昌 461100; 4. 河南平安种业公司, 河南 温县 410825)

摘 要: 为了提高氮肥利用效率, 减少因过量施氮对环境造成的危害, 以河南温县和许昌为试验地点, 对添加不同浓度的脲酶抑制剂在小麦上的应用效果作以比较, 结果表明: (1) 不同浓度的脲酶抑制剂在拔节、开花期对冬小麦群体动态和干物质累积的影响较大, 以加 0.12% 脲酶抑制剂效果较好。 (2) 加 0.12% 脲酶抑制剂处理高于其他处理产量, 可提高单位面积穗数与籽粒千粒重。 (3) 加脲酶抑制剂处理氮肥当季利用率、氮因子生产力、氮肥农艺效率都高于习惯施氮, 都以加 0.12% 脲酶抑制剂处理最高。

关键词: 脲酶抑制剂; 氮肥利用率; 冬小麦; 产量

中图分类号: S143.1⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2009)03-0137-06

小麦是全世界栽培面积最大、分布范围最广、总产量最高的粮食作物^[1,2]; 也是我国三大粮食作物之一, 产量约占我国粮食产量的 1/4。河南省作为我国最大的小麦产区, 播种面积和总产占到全国的 1/4^[2]。近年来, 随着小麦高产品种的选育和栽培技术的改进, 河南省小麦单产水平也不断提高, 2006 年全省平均单产达到 5 638 kg/hm²^[3], 2005~2006 年国家“粮食丰产科技工程”设置在河南浚县 1 hm² 连片超高产小麦田, 单产达到 10 758 kg/hm², 创全国小麦单产最高纪录^[4], 2007~2008 年国家“粮丰工程”又在兰考创下了 3.33 hm² 小麦超高产攻关田平均单产达 11 025.8 kg/hm² 的黄淮冬麦区同面积小麦实打验收最高记录^[5]。伴随着小麦产量水平的提高, 生产中氮肥用量也不断增加, 河南省每年氮肥用量达 200 多万 t, 占全国用量的 1/10^[6], 但氮肥利用率只有 10%~20%^[2,7~9], 造成生产中氮肥大量损失, 给生态环境带来极大压力。因此, 如何提高氮肥利用率, 保障河南省粮食生产和生态环境安全, 就显得非常重要和迫切。

尿素是生产中施用最多的氮肥, 施入土壤后, 在土壤脲酶的作用下可迅速水解生成氨气, 易造成氨挥发损失, 因此抑制脲酶活性就是减少氨挥发损失的重要途径^[10]。自 20 世纪 70 年代以来, 国内外就开始脲酶抑制剂的研究工作, 也筛选出了许多种脲酶抑制剂, 在提高氮肥利用率、促进作物增产等方面表现出了良好的效果^[10~15], Matzel 等研究发现, 施用脲酶抑制剂显著减少氨挥发, 施肥 15 d 后,

其氨挥发仅为对照的 10%~25%^[13]; 王小彬等利用 15N 示踪法研究表明, 使用脲酶抑制剂可显著提高尿素氮的利用率, 其肥料利用率可提高 10%~20%^[14]。卢婉芳等通过田间水稻小区试验表明, 使用脲酶抑制剂水稻增产 357.0~618.0 kg/hm²; Palazzo 等研究表明脲酶抑制剂可使玉米增产 2%~22%^[15,16], 但由于技术和价格等原因, 脲酶抑制剂在小麦上的应用还处于试验阶段, 生产中还缺乏大面积推广应用的新型氮肥。本研究对德国开发的不同浓度脲酶抑制剂—尿素产品在小麦上的施用效果作一比较, 为将来生产中的应用提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地点

试验安排在河南省焦作市温县祥云镇大尚村和许昌市许昌县小召乡斜店村。温县位于河南省西北部, 属暖温带大陆性季风气候, 年平均气温 14.3℃, 年降水量 552.4 mm, 无霜期 210 d。许昌县地处河南省中部, 属暖温带大陆性季风气候, 年平均气温 15.2℃, 日照时间 2 104.4 h, 年降水量 727 mm, 无霜期 217 d。供试土壤为潮土, 质地为中壤, 基本理化性状见表 1。

1.2 试验设计

试验设 5 个处理 (表 2), 4 次重复, 随机排列, 温县小区面积为 54 m², 许昌小区面积为 50.8 m²。磷肥用量为 P₂O₅ 90 kg/hm², 用过磷酸钙 (含 P₂O₅ 16%), 钾肥用量为 K₂O 90 kg/hm², 用进口 KCl (含

收稿日期: 2008-12-08

基金项目: 农业部公益性行业 (农业) 科研专项 (200803030); 国家 973 项目 (2009CB118606)

作者简介: 王桂良 (1983—), 男, 江苏兴化人, 硕士, 研究方向为植物营养。E-mail: wgl0520@126.com。

* 通讯作者: 叶优良 (1968—), 博士, 副教授, 研究方向为养分资源管理。E-mail: ylye2004@163.com。

K₂O 60%), 尿素和脲酶抑制剂由德国提供。

表 1 供试土壤基本理化性状
Table 1 Properties of the experimental soil

地点 Site	全氮 Total N (g/kg)	有机质 O·M (g/kg)	速效磷 Avai·P (g/kg)	速效钾 Avai·K (g/kg)	有效锌 Avai·Zn (mg/kg)	有效铁 Avai·Fe (mg/kg)	有效锰 Avai·Mn (mg/kg)	有效铜 Avai·Cu (mg/kg)	pH
许昌 Xuchang	0.9	14.7	26.8	107.5	0.82	4.4	7.9	0.51	7.63
温县 Wenxian	1.2	15.4	56.8	167.5	0.66	4.8	17.1	0.70	7.88

表 2 试验设计
Table 2 Design on experiment

处理 Treatment		脲酶抑制剂浓度(%) Concentration of urease inhibitor	基追比例 Ratio of application of fertilizer		备注 Remark
CK	不施氮 No application	0	—		—
N	180	0	1/2 基+1/2 追	1/2 base + 1/2 top	习惯施肥 Conventional fertilization
NI 0.04	180	0.04	1/2 基+1/2 追	1/2 base + 1/2 top	—
NI 0.08	180	0.08	1/2 基+1/2 追	1/2 base + 1/2 top	—
NI 0.12	180	0.12	1/2 基+1/2 追	1/2 base + 1/2 top	—

1.3 种植和管理

两地小麦品种都为豫麦 49—198, 温县播量为 112.5 kg/hm², 2007 年 10 月 11 日播种, 10 月 18 日出苗, 2008 年 6 月 1 日收获; 许昌播量为 112.5 kg/hm², 2007 年 10 月 8 日播种, 10 月 15 日出苗, 2006 年 5 月 30 日收获。

播种前先划小区, 小区间筑 60 cm 埂, 周围要留 3 m 的保护行, 小区间要留过道和水渠。小区划好后, 均匀撒施磷、钾肥, 人工深翻入土, 然后在表面撒施氮肥, 最后用机播耩播种。为了验证产品在生产中防止氮挥发损失的应用效果, 氮肥施用时间和农民相同, 但施用方式为表面撒施, 施肥后 10 d 内不灌水。温县追肥时间为 2008 年 3 月 21 日, 许昌追肥时间为 2008 年 2 月 29 日。

温县小麦生长期灌 2 次水, 分别为 3 月 2 日和 5 月 1 日; 许昌整个小麦生长期不灌水, 管理方式同当地习惯。

1.4 取样和收获

在小麦的分蘖、返青、拔节、开花等关键时期选取长势均匀的 1 m 双行调查群体动态。收获时在取样区取 1 m 双行考种, 用于分析单位面积穗数、穗粒数、千粒重、株高、穗长和植株氮素含量测定, 每小区在收获区实际收取 20 m², 脱粒、晒干后计产。

1.5 样品分析测定

土壤全氮用开氏蒸馏法, 有机质用重铬酸钾容

量法, 速效磷用 Olsen 法, 速效钾用乙酸铵浸提, 火焰光度计测定, pH 值用蒸馏水提取, 酸度计测定。有效铜、锌、铁、锰用 DTPA 浸提, 原子吸收测定。

植株全氮用 H₂SO₄—H₂O₂ 消煮, 开氏蒸馏法测定^[17, 18]。

叶绿素含量用日本产叶绿素仪 SPAD—502 测定。

1.6 数据处理与分析

氮肥当季利用率(RE)=100%×(施氮处理小麦吸氮量—不施氮处理小麦吸氮量)/施氮量

氮因子生产率(PFP)=施氮处理产量/氮肥用量

氮肥农艺效率(AE)=(施氮处理产量—不施氮处理产量)/施氮量×100%^[19]

用 SAS 进行统计分析, 5%显著水平。

2 结果与讨论

2.1 脲酶抑制剂对小麦群体动态的影响

从表 3 可见, 不施氮肥处理群体数量最少, 与其他处理间差异显著。温县试验点在分蘖期以加 0.04%和 0.08%脲酶抑制剂处理较高, 但与其他处理间差别较小; 越冬期以加 0.12%脲酶抑制剂处理群体最大, 显著高于加 0.04%脲酶抑制剂处理和不施氮肥处理。在返青期、拔节期、开花期和收获期, 都是以加 0.12%最高, 加 0.04%脲酶抑制剂次之。

表 3 脲酶抑制剂对小麦不同生育时期群体动态的影响(温县)($\times 10^4/\text{hm}^2$)
Table 3 Effects of urease inhibitor on wheat groups development in different stages

处理 Treatment	分蘖 Stooling	越冬 Throughing	返青 Returning	拔节 Shooting	开花 Flowering	收获 Harvest
CK	381.8 _c	527.7 _c	995.1 _b	1070.3 _b	536.9 _b	520.6 _b
N	386.2 _{bc}	670.5 _a	1035.0 _a	1156.8 _{ab}	577.5 _{ab}	535.6 _{ab}
NI 0.04	401.0 _a	573.2 _{bc}	1114.4 _a	1213.2 _{ab}	589.0 _{ab}	557.4 _a
NI 0.08	399.6 _a	590.9 _{ab}	1086.1 _a	1178.3 _{ab}	576.8 _{ab}	538.1 _{ab}
NI 0.12	394.0 _{ab}	679.0 _a	1131.1 _a	1286.7 _a	637.6 _a	566.1 _a

2.2 脲酶抑制剂对小麦干物质累积的影响

从小麦分蘖到收获,小麦的干物质累积不断增加,不同时期各处理间也差异显著(表 4)。所有时期,不施氮干物质累积量都显著低于其他处理。在

小麦分蘖、越冬、返青期小麦干物质累积都是以加 0.04%和 0.08%脲酶抑制剂处理较高,在拔节期以加 0.12%脲酶抑制剂处理最高,在开花期、收获期以加 0.08%、0.12%脲酶抑制剂处理较高。

表 4 脲酶抑制剂对小麦不同生育时期干物质累积的影响(温县)(kg/hm^2)
Table 4 Effects of Urease inhibitor on wheat dry matter accumulation in different stages

处理 Treatment	分蘖 Stooling	越冬 Throughing	返青 Returning	拔节 Shooting	开花 Flowering	收获 Harvest
CK	437.4 _b	1757.6 _c	1913.1 _c	5680.2 _c	8875.3 _c	12155.1 _c
N	508.4 _{ab}	2135.8 _{ab}	2186.9 _{ab}	6350.9 _{ab}	9608.9 _{ab}	14328.9 _{ab}
NI 0.04	576.0 _a	2506.9 _a	2817.6 _{ab}	6289.2 _{ab}	9676.4 _{ab}	14456.2 _{ab}
NI 0.08	613.0 _a	2373.6 _{ab}	3248.0 _a	6073.9 _{ab}	10631.2 _a	14595.0 _{ab}
NI 0.12	491.0 _{ab}	2048.4 _{ab}	2558.3 _{ab}	7201.8 _a	10259.2 _a	15147.3 _a

2.3 对小麦叶绿素含量的影响

对不同时期小麦叶绿素含量测定表明(表 5),两地不施氮处理 SPAD 值都低于其它处理。温县返青期和拔节期不同处理间 SPAD 值差异不显著。许昌试验点在返青期和拔节期 SPAD 值都以加 0.12%脲酶抑制剂最高,显著高于不施氮处理,但与其他处理间差异不显著。

表 5 脲酶抑制剂对小麦不同生育时期叶绿素含量的影响(SPAD 值)

Table 5 Effects of urease inhibitor on wheat SPAD in different stages

处理 Treatment	温县 Wenxian		许昌 Xuchang	
	返青 Returning	拔节 Shooting	返青 Returning	拔节 Shooting
CK	50.5 _a	49.2 _a	46.5 _b	47.3 _b
N	50.6 _a	49.3 _a	52.0 _a	51.1 _a
NI 0.04	52.6 _a	49.8 _a	52.4 _a	48.4 _{ab}
NI 0.08	52.4 _a	50.9 _a	52.4 _a	48.9 _{ab}
NI 0.12	52.0 _a	51.2 _a	53.7 _a	51.3 _a

2.4 对小麦产量的影响

由表 6 看出,施用氮肥处理的小麦籽粒产量都显著高于不施氮处理,比不施氮肥籽粒产量增加 14.9%~23.5%。温县产量以加 0.12%脲酶抑制剂

处理最高,显著高于不施氮肥、氮肥不加脲酶抑制剂和加 0.04%脲酶抑制剂处理。与氮肥不加脲酶抑制剂相比,加 0.12%、0.08%、0.04%脲酶抑制剂处理产量分别增加 5.65%、3.69%、1.82%。许昌产量也是以加 0.12%脲酶抑制剂处理最高,显著高于不施氮肥和氮肥不加脲酶抑制剂处理,施氮处理比不施氮肥产量增加 21.9%~26.0%;与氮肥不加脲酶抑制剂相比,加 0.12%、0.08%、0.04%脲酶抑制剂处理籽粒产量分别增加 4.22%、2.05%、1.41%。

表 6 脲酶抑制剂对小麦产量的影响(kg/hm^2)
Table 6 Effects of urease inhibitor on wheat yield

处理 Treatment	温县 Wenxian		许昌 Xuchang	
	籽粒产量 Grain yield	生物学产量 Dry matter yield	籽粒产量 Grain yield	生物学产量 Dry matter yield
CK	6137.8 _c	12155.1 _c	6617.9 _c	13293.7 _b
N	7051.4 _{bc}	14328.9 _b	8067.6 _{bc}	16648.8 _a
NI 0.04	7179.4 _{bc}	14456.2 _b	8181.7 _{ab}	16775.4 _a
NI 0.08	7311.5 _{ab}	14595.0 _b	8233.2 _{ab}	17233.4 _a
NI 0.12	7449.9 _a	15147.3 _a	8408.2 _a	17324.4 _a

生物学产量变化趋势与籽粒产量相同。温县试验点,施氮处理比不施氮肥生物学产量增加 17.9%

~25.7%。与不加脲酶抑制剂相比,加 0.12%、0.08%、0.04% 脲酶抑制剂处理产量分别增加 5.71%、1.86%、0.89%。许昌试验点施氮处理比不施氮肥生物学产量增加 19.79%~30.32%,与氮肥不加脲酶抑制剂相比,加 0.12%、0.08%、0.04% 脲酶抑制剂处理产量分别增加 4.06%、3.51%和0.76%。

2.5 对小麦产量构成因素、株高和穗长的影响

由表 7 可见,不同处理之间小麦穗数和千粒重

差异显著,穗粒数之间无显著差异。两个试验点穗数、穗粒数、千粒重都是以不施氮处理最低,穗数均以加 0.12%脲酶抑制剂处理最高;温县穗粒数以加 0.04%脲酶抑制剂最高,许昌以加 0.12%脲酶抑制剂最高;温县试验点千粒重以加0.08%、0.12%脲酶抑制剂较高,许昌试验点以加0.04%、0.12%脲酶抑制剂较高。

表 7 脲酶抑制剂对小麦产量构成的影响
Table 7 Effects of urease inhibitor on wheat yield component

处理 Treatment	温县 Wenxian			许昌 Xuchang		
	穗数 Ears per hm ² (10 ⁴ /hm ²)	穗粒数 Kernels per ear	千粒重 1000-kernel weight (g)	穗数 Ears per hm ² (10 ⁴ /hm ²)	穗粒数 Kernels per ear	千粒重 1000-kernel weight (g)
CK	520.6 _b	32.6 _a	37.9 _b	481.0 _b	29.9 _a	47.0 _{ab}
N	535.6 _{ab}	33.8 _a	40.6 _{ab}	519.1 _{ab}	30.1 _a	47.7 _{ab}
NI 0.04	557.4 _{ab}	34.0 _a	41.1 _{ab}	526.3 _{ab}	31.8 _a	48.9 _a
NI 0.08	538.1 _{ab}	33.0 _a	42.4 _{ab}	570.1 _a	30.4 _a	47.0 _{ab}
NI 0.12	566.1 _a	32.7 _a	42.7 _a	580.2 _a	32.3 _a	48.6 _a

从表 8 可见,温县、许昌两个试验点不同处理之间株高无显著性差异,但穗长差异显著。温县穗长最大的是加0.04%脲酶抑制剂处理,最小的是加 0.12%脲酶抑制剂处理;许昌最大的是加0.12%脲酶抑制剂处理,最小的是不施氮肥和加0.04%脲酶抑制剂处理(表 8)。

2.6 对小麦氮素吸收的影响

从表 9 可见,两个试验点籽粒和秸秆含氮量都是以不施氮处理最低,但不同处理之间差异不显著。小麦吸氮量在不同处理之间差异显著,两个试验点秸秆、籽粒吸氮量都是不施氮处理显著小于其他处理,秸秆吸氮量最大的是加 0.08% 脲酶抑制剂处理,籽粒吸氮量最大的是加 0.12% 脲酶抑制剂处

理。

表 8 脲酶抑制剂对小麦收获时株高和穗长的影响(cm)
Table 8 Effects of urease inhibitor on height of wheat and length of ear

处理 Treatment	温县 Wenxian		许昌 Xuchang	
	株高 Height of stem	穗长 Length of ear	株高 Height of stem	穗长 Length of ear
CK	59.72 _a	6.49 _{ab}	71.96 _a	8.00 _{ab}
N	60.18 _a	6.78 _{ab}	72.58 _a	8.22 _a
NI 0.04	60.45 _a	6.91 _a	73.98 _a	8.00 _{ab}
NI 0.08	58.73 _a	6.60 _{ab}	73.15 _a	8.07 _{ab}
NI 0.12	57.76 _a	6.27 _b	75.14 _a	8.43 _a

表 9 脲酶抑制剂对小麦收获时植株吸氮量的影响
Table 9 Effects of urease inhibitor on absorption of nitrogen in harvest stage

处理 Treatment	温县 Wenxian					许昌 Xuchang				
	全氮(g/kg) Total N		吸氮量(kg/hm ²) Absorption of N			全氮(g/kg) Total N		吸氮量(kg/hm ²) Absorption of N		
	秸秆 Stem	籽粒 Grain	秸秆 Stem	籽粒 Grain	总和 Total	秸秆 Stem	籽粒 Grain	秸秆 Stem	籽粒 Grain	总和 Total
CK	4.74 _a	20.12 _a	28.5 _c	123.5 _c	152.0 _c	4.59 _a	20.67 _a	30.6 _c	136.8 _c	167.4 _c
N	5.93 _a	21.21 _a	43.2 _a	150.6 _{ab}	193.8 _{ab}	4.66 _a	21.20 _a	40.0 _{ab}	171.0 _{ab}	211.0 _{ab}
NI 0.04	5.39 _a	21.78 _a	39.2 _{ab}	156.4 _{ab}	195.6 _{ab}	5.21 _a	20.93 _a	44.8 _{ab}	171.2 _{ab}	216.0 _{ab}
NI 0.08	5.97 _a	21.56 _a	43.5 _a	157.6 _{ab}	201.1 _{ab}	5.97 _a	20.81 _a	53.7 _a	171.3 _{ab}	225.0 _{ab}
NI 0.12	5.61 _a	22.72 _a	43.2 _a	169.3 _a	212.5 _a	5.10 _a	23.22 _a	45.5 _{ab}	195.2 _a	240.7 _a

2.7 对小麦氮肥利用率的影响

对氮肥当季利用率计算表明(表 10),不同处理间差异显著,温县和许昌都是以加 0.12%脲酶抑制剂氮肥当季利用率最高,分别为 33.6%和 40.7%,加0.04%、0.08%脲酶抑制剂处理氮肥当季利用率也都高于习惯施肥处理。温县试验点加脲酶抑制剂比不加脲酶抑制剂处理氮肥当季利用率增加 1.0%~10.4%,许昌试验点加脲酶抑制剂比不加脲酶抑制剂氮肥当季利用率增加 2.8%~16.5%。

表 10 脲酶抑制剂对小麦氮肥利用率的影响(%)
Table 10 Effects of urease inhibitor on urea use efficiency

处理 Treatment	温县 Wenxian			许昌 Xuchang		
	氮肥利用率 RE (%)	氮因子生产力 PFP (kg/kg)	氮肥农艺效率 AE (kg/kg)	氮肥利用率 RE (%)	氮因子生产力 PFP (kg/kg)	氮肥农艺效率 AE (kg/kg)
N	23.2 _a	39.2 _b	5.1 _b	24.2 _{bc}	44.8 _b	8.1 _a
NI 0.04	24.2 _a	39.9 _b	5.8 _b	27.0 _{bc}	45.5 _b	8.7 _a
NI 0.08	27.3 _a	40.6 _b	6.5 _{ab}	32.0 _{ab}	45.7 _b	9.0 _a
NI 0.12	33.6 _a	41.4 _b	7.3 _a	40.7 _a	46.7 _{ab}	9.2 _a

3 结 论

- 1) 添加脲酶抑制剂可以增加冬小麦群体数量和干物质累积量,但是不同浓度脲酶抑制剂和不添加脲酶抑制剂处理之间无显著性差异,其中拔节、开花和收获期都是以加 0.12%脲酶抑制剂效果较好;脲酶抑制剂对小麦 SPAD 值无显著性影响;对株高和穗长的影响在两地表现不一致,其中不添加脲酶抑制剂处理与加 0.08%脲酶抑制剂处理效果接近。
- 2) 两地都表现以加 0.12%脲酶抑制剂处理,产量越高,单位面积穗数与籽粒千粒重较高,而对穗粒数的作用效果不明显。
- 3) 加脲酶抑制剂处理的吸氮总量、氮肥当季利用率、氮因子生产力、氮肥农艺效率都高于不加脲酶抑制剂处理,但各处理之间无显著性差异,都以加 0.12%脲酶抑制剂处理最高。

参 考 文 献:

[1] 崔桂霞,甄润英.国内外小麦生产现状及发展趋势[J].食品研究与开发,2005,26(2):13—17.

[2] 陈新平,张福锁.小麦—玉米轮作体系养分资源综合管理理论与实践[C].北京:中国农业大学出版社,2006,12:210—216.

[3] 孙克刚,李丙奇,杨占平,等.河南省三大土壤类型区玉米氮磷钾平衡施肥研究[J].高效施肥,2008,20(1):54—58.

[4] 王明浩.河南小麦超高产攻关田创奇迹[EB/OL].<http://nc.people.com.cn/GB/61156/4448347.html>,2006—06—08.

[5] 尹江勇,路 畅.我省实施粮食丰产科技工程五年工作总结述[EB/OL].<http://www.haagri.gov.cn/shownews.asp?id=70701>,

两个试验点氮因子生产力都是以加 0.12%脲酶抑制剂最高,许昌 0.12%脲酶抑制剂处理氮因子生产力显著高于氮肥不加脲酶抑制剂和加0.04%脲酶抑制剂处理,但温县不同处理之间差异不显著。

温县试验点氮肥农学效率以加0.12%脲酶抑制剂最高,显著高于氮肥不加脲酶抑制剂和加0.04%脲酶抑制剂处理;许昌试验点也是以加0.12%脲酶抑制剂最高,但不同处理之间差异不显著。

2008—07—29.

[6] 王 南.施肥不当河南一年“流失”10 个中型化肥厂[EB/OL].<http://news.sina.com.cn/c/2005-03-28/11535484951s.shtml>,2005—03—28.

[7] 蒋永忠,刘海琴,张永春,等.高效尿素提高氮素利用率的机理[J].江苏农业学报,2006,16(3):180—184.

[8] 杨新泉,冯 锋,宋长青,等.主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用研究[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):373—376.

[9] 介晓磊,韩燕来,谭金芳,等.不同肥力和土壤质地条件下麦田氮肥利用率的研究[J].作物学报,1998,24(6):884—888.

[10] 郑福丽,李 彬,石元亮.脲酶抑制剂的作用机理与效应[J].吉林农业科学,2006,31(6):25—28.

[11] 华建峰,蒋 倩,施春健,等.脲酶/硝化抑制剂对土壤脲酶活性、有效态氮及春小麦产量的影响[J].土壤通报,2008,39(1):94—99.

[12] 陈振华,陈利军,武志杰.脲酶/硝化抑制剂对减缓尿素转化产物氧化及淋溶的作用[J].应用生态学报,2005,16(2):238—242.

[13] 王小彬,蔡典雄.脲酶抑制剂 NBPT 在农业中应用[J].中国化工,1998,(5):53—55.

[14] 王小彬,辛景峰,等.NBPT 在改进尿素使用技术中的作用初探[J].土壤肥料,1996,(6):6—9.

[15] 徐星凯,周礼恺.脲酶抑制剂/硝化抑制剂对土壤中尿素氮转化及形态分布的影响[J].土壤学报,2000,37(3):339—345.

[16] Phongpan S, Frenney J R, Keerthisinghe D G. Use of PPD and N BPT to reduce ammonia loss and increase grain yield following application of urea to flooded rice[J]. Fertilizer Research, 1995, 41:59—66.

[17] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2002:301-368.

[18] 中国土壤学会农业化学专业委员会.土壤农业化学常规分析

方法[M]. 北京: 科技出版社, 1983, 308—309.

究[D]. 南京: 南京农业大学, 2002.

[19] 孙传范, 曹卫星. 小麦氮素利用效率的生理生态与氮肥调控研

Effect of application of urea-urease inhibitor on grain yield and N use efficiency of wheat

WANG Gui-liang¹, XIAO Yan-bo², YE You-liang^{1*}, LI Huan-huan¹,
SHANG Yun-feng³, BAI Bo⁴, MENG Yun-tong⁴

(1. College of Resources and Environment, Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 45002, China;

2. School of Chemistry and Biotechnology, Yunnan Nationalities' University, Kunming, Yunnan 650550, China;

3. Xuchang Soil and Fertilizer Research Station, Xuchang, Henan 461100, China;

4. Henan Pingan Seed Company, Wenxian, Henan 410825, China)

Abstract: In order to guarantee the high yield of grain and improve the nitrogenous fertilizer utilization efficiency, an experiment was conducted in Wenxian and Xuchang of Henan province to compare the effects of nitrogenous fertilizer with different concentration of urease inhibitor on wheat. The results showed: (1) The great effects on groups development and dry matter accumulation was in jointing stage and anthesis, with 0.12‰ urea-urease inhibitor was the best. (2) Urea with 0.12‰ urease inhibitor made the highest yield, and improved the number of ear of wheat and the weight of the seeds. (3) Urea with urease inhibitor get higher RE, PFP and AE than conventional urea use, and urea with 0.12‰ urease inhibitor made the highest.

Keywords: urease inhibitor; N use efficiency; winter wheat; yield

(上接第 131 页)

Research on characteristics of spatial distribution and availability of soil potassium forms under long-term fertilization in the dryland of the Loess Plateau

LI Fang-lin¹, HAO Ming-de^{1,2}, LI Yan-min¹, GAO Chang-qing³

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling,

Shaanxi 712100, China; 3. Changwu Agricultural Technology Extension Center, Changwu, Shaanxi 713600, China)

Abstract: Research on characteristics of spatial distribution and validity of soil potassium was carried out in the long-term orientation fertilization experiment. The result showed that there was significant increase of specifically adsorbed potassium (SAK) and non-specifically adsorbed potassium (NSAK) reserves, while the water soluble potassium (WSK) and non-exchangeable potassium (NEK) were obviously decreased. The WSK decrease were 48.24‰ in the single N treatment, 32.32‰ in the single P treatment, 10.61‰ in the combination of N and P treatment, and 17.93‰ in the NPK treatment. The NEK decrease ranged from 8.56‰ to 24.91‰ compared to the non-potassium applying treatment. The applying of potassium could supplement the potassium lost during the plant growing, and increase the content of WSK, NSAK and SAK in the top soil. Correlation analysis results showed that soil available K was significantly correlated with the WSK and NSAK, but not significant correlated with the SAK and NEK.

Keywords: long-term fertilization; soil potassium form; spatial distribution; availability; dryland of the Loess Plateau