



徐莹莹,王宇先,杨慧莹,等. 秸秆还田下基肥减氮对玉米产量及氮肥偏生产力的影响[J]. 黑龙江农业科学,2022(8):101-105.

秸秆还田下基肥减氮对玉米产量及氮肥偏生产力的影响

徐莹莹,王宇先,杨慧莹,高盼,刘玉涛,王晨,徐婷,谭可菲

(黑龙江省农业科学院 齐齐哈尔分院,黑龙江 齐齐哈尔 161006)

摘要:为解决黑龙江省玉米生产中氮肥运筹管理不科学、氮肥利用率低且污染环境的问题,在秸秆深翻还田地块开展基肥减量条件下缓控释肥配施试验,研究不同施肥处理对玉米产量、氮素积累、氮素转运和氮肥偏生产力的影响。结果表明,和常规施肥相比,在基肥减少氮肥的施入量,氮肥追施时期和追施量相同的情况下,缓控释尿素配施有利于提高玉米单株和群体氮素积累量、营养器官氮素转运量、转运效率及氮素转运对籽粒贡献率,最终提高产量和氮肥偏生产力。基肥施氮肥量 $11.3 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,追施树脂包膜尿素与普通尿素配比为 30%:70%条件下,可节约 16% 的氮施用量,玉米产量提高 5.20%,氮肥偏生产力提高 22.88%,是较为理想的施肥方式。

关键词:基肥减氮;缓控释肥;玉米产量;氮肥偏生产力

氮肥施用量是影响作物产量的主要因素之一^[1-3]。然而氮肥的过量施入不仅不会使作物增产,还会造成氮肥利用率降低、氮淋溶加剧、作物品质下降等一系列问题^[4-7]。

黑龙江省玉米种植面积大,由于受传统种植习惯影响,农民长年过量施氮,导致实际用量远超玉米需求量^[8-10]。此外,氮肥一次性施用或大量氮肥作为基肥施入的方式普遍存在,导致氮肥利用率降低,并污染环境^[11-13],因此氮肥运筹管理不科学问题亟待解决。研究认为,玉米不同生长阶段对氮肥需求量有所差异,生长后期需氮量较多,而初期或拔节前即使较少的氮素也能保证玉米后期生长发育及产量构成^[14-15]。目前对氮肥施用的研究主要集中在整个生育期不同的施氮肥量和追肥与基肥施用比例对作物影响等方面,而基肥中氮素施用量对玉米产量和氮肥偏生产力影响的研究较少。因此,本研究将探讨基于秸秆还田措施,在追肥时期和追肥量相同的情况下,基肥中氮肥减施及追肥(缓控释尿素与普通尿素)不同对比对玉米产量、氮素积累、氮素转运及氮肥偏生产力的影响,以实现氮肥合理运筹,为玉米绿色高效生产提供依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于 2021 年在黑龙江省农业科学院齐齐哈尔分院试验地开展,该区属于松嫩平原西部半干旱区,年平均降雨量 400 mm,有效活动基温 $2\ 900\ ^\circ\text{C}$ 。土壤类型为碳酸盐黑钙土,0~40 cm 基础肥力为有机质含量 $22.91 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮 $113.33 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,有效磷 $28.36 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾 $128.10 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 方法

1.2.1 试验设计 试验在玉米秸秆连年深翻还田地块进行,还田量 $9.0 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。如表 1 所示,设置 9 种施肥处理,施肥方式均为基肥配合拔节期追施氮肥,各处理追肥量一致,均为 $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。包括两种减氮比例(总氮减 10%、总氮减 16%),两种追肥缓控释尿素类型[硫包衣尿素(SCU)、树脂包膜尿素(RCU)],两种配施比例[缓控释肥:普通尿素(U)=20%:80%、缓控释肥:普通尿素=30%:70%],普通尿素正常施用作对照(CK),3 次重复,小区面积 39 m^2 ,磷肥为磷酸二铵(P_2O_5 $103.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),钾肥为氯化钾(K_2O $52.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$),磷钾肥作为基肥一次性施入。播种密度 $6.75 \text{ 万株} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.2.2 测定项目及方法 产量测定:成熟期测产,每个处理取 3 个收获点,收取全部果穗,脱粒测产,并折合成 14% 的标准水产量。

收稿日期:2022-05-10

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF 2020C003);黑龙江省科技计划省院科技合作项目(YS20B09);齐齐哈尔市科技计划创新激励项目(CNYGG2021024)。

第一作者:徐莹莹(1989—),女,硕士,助理研究员,从事作物耕作栽培及农业微生物研究。E-mail:ghdetongzhuo@163.com。

表 1 施肥处理设置

施肥处理	基肥施用量/(kg·hm ⁻²)	追肥量/(kg·hm ⁻²)
T1(CK)	75.0	U300
T2(减 N 10%, SCU:U=20%:80%)	44.3	SCU60+U240
T3(减 N 10%, SCU:U=30%:70%)	52.2	SCU90+U210
T4(减 N 10%, RCU:U=20%:80%)	31.3	RCU60+U240
T5(减 N 10%, RCU:U=30%:70%)	32.6	RCU90+U210
T6(减 N 16%, SCU:U=20%:80%)	16.5	SCU60+U240
T7(减 N 16%, SCU:U=30%:70%)	26.5	SCU90+U210
T8(减 N 16%, RCU:U=20%:80%)	7.8	RCU60+U240
T9(减 N 16%, RCU:U=30%:70%)	11.3	RCU90+U210

注:U 为普通尿素;SCU 为硫包衣尿素;RCU 为树脂包膜尿素。

氮素指标测定:分别于开花期和成熟期,取 3 株长势均匀一致的植株,取地上部分按器官分离,开花期植株分为茎鞘和叶片,成熟期植株分为茎鞘、叶片和籽粒,105 ℃杀青 30 min,80 ℃烘至恒重,测定干物质重,研磨成粉末后采用凯氏定氮法测定氮素含量^[16]。参考吕鹏^[17]、范霞^[18]、任佰朝^[19]等方法分别计算各氮素指标。

单株氮素积累量(%)=植株各器官氮素含量之和

群体氮素积累量=单株氮素积累量×种植密度

营养器官氮素转运量=开花期营养器官氮素含量-成熟期营养器官氮素含量

氮素转运效率(%)=营养器官氮素转运量/开花期营养器官氮素含量×100

氮素转运对籽粒贡献率(%)=营养器官氮素转运量/成熟期籽粒氮素含量×100

氮肥偏生产力(kg·kg⁻¹)=籽粒产量/施氮量

1.2.3 数据分析 采用 Excel 2003 对数据进行整理,采用 SPSS 19.0 进行统计学分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对玉米产量的影响

如图 1 所示,不同施肥处理下产量表现为 T9>T5>T8>T4>T6>T7>T3>T2>T1,其中 T9 与 T5 差异不显著,二者显著高于其他各处理;与 T1 相比,各处理产量分别提高 5.20%、4.92%、3.18%、2.96%、2.95%、2.67%、2.46%和 2.41%。说明减少基肥尿素用量,追肥采取部

分缓控释尿素替代普通尿素的方式,有利于玉米增产,并且树脂包膜尿素的作用效果要优于硫包衣尿素。除 T7 处理稍低于 T6 处理但差异不显著外,无论是减氮 10%还是 16%的情况下,树脂包膜尿素与普通尿素配比为 30%:70%时,产量均较高,且树脂包膜尿素处理中 T5、T9 均显著高于 T4 和 T8。

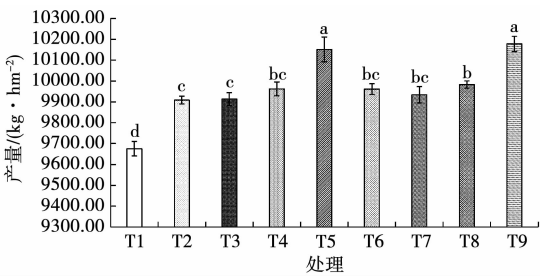


图 1 不同施肥处理对玉米产量的影响

注:不同小写字母表示在 P≤0.05 水平差异显著。下同。

2.2 不同施肥处理对植株氮素积累量的影响

2.2.1 单株氮素积累量 如图 2 所示,开花期,玉米单株氮素积累量表现为 T9>T5>T8>T4>T7>T3>T2>T6>T1,其他各处理与 T1 差异显著,较 T1 分别增加 0.18,0.17,0.14,0.13,0.11,0.09,0.08 和 0.07 百分点。成熟期,单株氮素积累量表现为 T9>T5>T8>T4>T3>T7>T6>T2>T1,其他各处理与 T1 差异显著,较 T1 分别增加 0.26,0.23,0.22,0.21,0.15,0.14,0.13 和 0.09 百分点。由此可见,不同施肥处理对成熟期植株氮素积累的影响更大,并且普通尿素与树脂包膜尿素配施下的氮素积累量大于普通尿素配施硫包衣尿素。

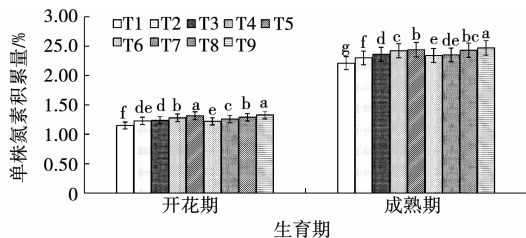


图2 不同施肥处理对单株氮素积累量影响

2.2.2 群体氮素积累量 如图3所示,和单株氮素积累量表现一致,开花期,群体氮素积累量为 $T9 > T5 > T8 > T4 > T7 > T3 > T2 > T6 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别增加 15.72%、14.56%、12.24%、11.34%、9.66%、7.86%、6.96%和 6.19%。成熟期,群体氮素积累量表现为 $T9 > T5 > T8 > T4 > T3 > T7 > T6 > T2 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别增加 11.73%、10.39%、9.92%、9.52%、6.77%、6.30%、5.90%和 4.09%。

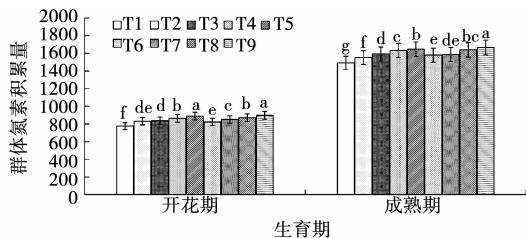


图3 不同施肥处理对群体氮素积累量的影响

2.3 不同施肥处理对氮素转运的影响

2.3.1 营养器官氮素转运量 如图4所示,营养器官氮素转运量表现为 $T9 > T8 > T5 > T4 > T7 > T2 > T3 = T6 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别增加 38%、36%、32%、30%、21%、18%、16%和 16%,说明树脂包膜尿素对营养器官氮素转运量的积累要优于硫包衣尿素和普通尿素。此外,施用树脂包膜尿素处理下,氮素转运量随基肥量的减少而增加;追施树脂包膜与普通尿素量配比由 20%:80%上调为 30%:70%时,氮素转运量呈增加趋势。

2.3.2 氮素转运效率 如图5所示,氮素转运效率表现为 $T8 > T9 > T4 > T5 > T7 > T2 > T6 > T3 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别提高 6.16%、5.10%、4.87%、4.44%、3.03%、3.00%、2.71%和 2.20%百分点,说明追肥配施树脂包膜尿素更有利于植株氮素转运效率的提高,并且和营养器官氮素积累量相似,随着基肥尿素量的减少,氮素转运效率反而呈增加趋势。此外,减氮 10%和 16%条

件下,当追施硫包衣或树脂包膜与普通尿素量配比由 20%:80%上调为 30%:70%时,氮素转运量均呈下降趋势,但差异不显著。

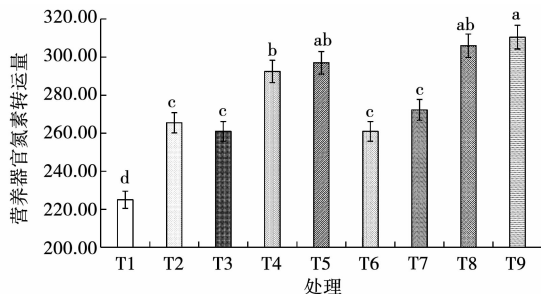


图4 不同施肥处理对营养器官氮素积累量的影响

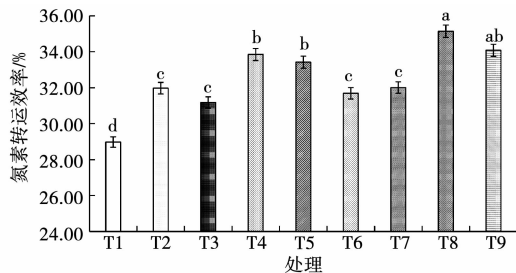


图5 不同施肥处理对氮素转运效率的影响

2.3.3 氮素转运对籽粒贡献率 如图6所示,氮素转运对籽粒贡献率表现为 $T9 > T8 > T5 > T4 > T7 > T2 > T3 = T6 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别提高 4.67%、4.53%、4.22%、3.62%、3.08%、2.96%、1.98%和 1.98%百分点,说明追肥配施树脂包膜尿素能够提高氮素转运对籽粒贡献率,有利于氮素向籽粒的转移积累。

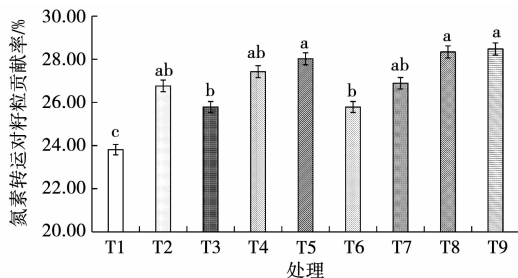


图6 不同施肥处理下氮素转运对籽粒贡献率的变化

2.4 不同施肥处理对氮肥偏生产力的影响

如图7所示,氮肥偏生产力表现为 $T9 > T6 > T7 > T8 > T5 > T4 > T3 > T2 > T1$,其他各处理与 $T1$ 差异显著,较 $T1$ 分别提高 22.88%、22.59%、21.58%、21.51%、16.89%、14.42%、13.87%和 13.80%,并且 $T9$ 和 $T6$, $T7$ 和 $T8$ 均与 $T5$ 、 $T4$ 、 $T3$ 、 $T2$ 差异显著,说明总氮减 16%的情况下,氮肥偏生产力要高于总氮减 10%。

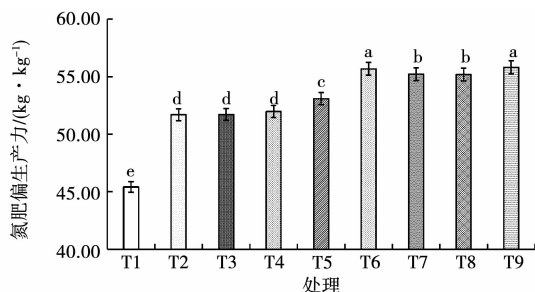


图 7 不同施肥处理对氮肥偏生产力的影响

3 讨论

氮素是玉米生长需求量最多的营养元素,施氮量、施氮时期及不同配比比例直接影响氮素的积累和转运,最终影响产量。鱼欢等^[20]认为,玉米在进入拔节期以前,对氮素的需求量较少,施入过多的氮更容易引起氮淋失,而拔节期合理追氮是提高产量的有效措施。赵士诚等^[21]认为,基肥减氮后,植株干物质积累量、氮积累量和积累速率未降低,且氮肥利用率显著增加。

缓控释氮肥和普通氮肥相比,其养分释放与作物的养分需求规律基本匹配,从而显著提高作物对氮肥的利用率,有助于增产^[22]。卫丽等^[23]和赵斌等^[24]研究表明,与施用常规氮肥相比,缓控释氮肥可使玉米增产 3%~14%。不过也有学者认为,单施缓控释肥不能有效满足玉米养分需求,采用缓控释氮肥与普通氮肥配施,对提高氮肥利用率效果更为显著^[25-26]。

本研究发现,在玉米秸秆连年深翻还田地块,减少基肥尿素用量,追肥配施缓控释尿素,能在促进氮素积累、转运的基础上提高产量。这可能是由以下三方面原因引起的,一是,由于秸秆连年深翻还田,秸秆分解释放出的氮贮存于土壤,即使减氮并不影响玉米对氮的需求,仍然能保证干物质积累,反而前期氮素积累量较大时,可能会对后期植株氮素利用产生一定抑制作用^[27-28];二是,在前期控氮的条件下,作物自身的补偿效应,使氮素在植株中快速积累,有利于后期产量形成;三是,追肥配施缓控释尿素,氮素释放与玉米生长规律相匹配,能够有效提高各生育时期氮素积累量和转运效率,从而提高氮肥利用效率,并最终实现增产^[29]。

缓控释氮肥与常规氮肥不同配比影响玉米氮素利用效果。王永亮等^[30]研究发现,缓释氮与普通尿素配比为 67%:33%、50%:50%、33%:67%

和 25%:75%的情况下,氮素利用效率比施普通尿素分别提高 10.86%、12.46%、14.76%和 11.79%,玉米产量分别提高 47.28%、53.72%、73.83%和 56.71%。与其他处理相比,添加 33%缓释氮时,能更好地满足玉米各生育期对氮素的需求,不仅能增加玉米干物质积累量及吸氮量,同时能促进根系生长,增产效果最佳。在本试验条件下,基肥不同施肥量、不同缓控释氮肥类型及不同配比比例,对玉米氮素积累、转运和氮肥偏生产力均产生一定影响。从各项指标来看,当基肥施氮量为 11.3 kg·hm⁻²,追肥树脂包膜尿素 90 kg·hm⁻²与尿素 210 kg·hm⁻²(比例为 30%:70%)配施时,可减少 16%的纯氮施用量,产量提高 5.20%,是较为理想的施肥方式。

4 结论

在多年秸秆深翻还田地块,适宜的缓控释肥掺混比例条件下,基肥减氮可提高玉米植株氮素积累、转运、氮肥偏生产力和玉米产量。基肥施尿素量 11.3 kg·hm⁻²,追肥树脂包膜尿素与普通尿素配比为 30%:70%时,是提高氮肥偏生产力的有效措施。

参考文献:

- [1] 王帅,孙明馨,朱国良,等. 氮肥与涝渍胁迫时间对抽雄期夏玉米叶片生理特性的影响[J]. 安徽农业大学学报, 2022, 49(1): 6-10.
- [2] 王博博,徐新朋,侯云鹏,等. 东北中部黑土连续秸秆还田下玉米适宜氮肥用量研究[J]. 华中农业大学学报, 2022, 41(2): 71-79.
- [3] 崔正果,张恩萍,王洪预,等. 氮量减施对多年玉米秸秆还田地块玉米产量与 N 素利用的影响[J]. 东北农业科学, 2021, 46(6): 22-25.
- [4] 刘威,周剑雄,谢媛圆,等. 氮肥一次性基施对夏播鲜食甜玉米产量、品质和氮素利用效率的影响[J]. 作物杂志, 2021(5): 134-139.
- [5] 崔婷婷,李志洪,汤俊芳,等. 氮肥追施对玉米产量、农学利用率及追肥吸收效率的影响[J]. 吉林农业大学学报, 2021, 43(4): 400-406.
- [6] 刘耀权. 氮肥运筹对旱农区玉米叶片抗衰老特性及产量的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [7] 王晓娇. 不同施肥措施下陇中黄土高原旱作玉米农田生态系统碳平衡及其土壤碳库稳定性研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [8] 孔凡斌,郭巧苓,潘丹. 中国粮食作物的过量施肥程度评价及时空分异[J]. 经济地理, 2018, 38(10): 201-210, 240.
- [9] 侯云鹏,孔丽丽,徐新朋,等. 基于养分专家系统推荐施肥在东北玉米上的长期综合效应[J]. 农业工程学报, 2021, 37(19): 129-138.

- [10] 王永军,吕艳杰,刘慧涛,等.东北春玉米高产与养分高效综合管理[J].中国农业科学,2019,52(20):3533-3535.
- [11] 张磊,王立春,孔丽丽,等.不同施肥模式下春玉米养分吸收利用和土壤养分平衡研究[J].土壤通报,2017,48(5):1169-1176.
- [12] 朱兆良,金继运.保障我国粮食安全的肥料问题[J].植物营养与肥料学报,2012,19(2):259-273.
- [13] 张君,赵沛义,潘志华,等.基于产量及环境友好的玉米氮肥投入阈值确定[J].农业工程学报,2016,32(12):136-143.
- [14] 赵亚南,徐霞,黄玉芳,等.河南省小麦、玉米氮肥需求及节氮潜力[J].中国农业科学,2018,51(14):2747-2757.
- [15] 夏来坤,陶洪斌,许学彬,等.不同施氮时期对夏玉米干物质积累及氮肥利用的影响[J].玉米科学,2009,17(5):138-140,144.
- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [17] 吕鹏,张吉旺,刘伟,等.施氮时期对超高产夏玉米产量及氮素吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(5):1099-1107.
- [18] 范霞.种植密度和施氮量对不同株高夏玉米氮素吸收与利用特性的影响[D].泰安:山东农业大学,2014.
- [19] 任佰朝,范霞,董树亭,等.种植密度和施氮量对不同株高夏玉米产量和氮素利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2017,23(2):269-277.
- [20] 鱼欢,邬华松,王之杰.利用 SPAD 和 Dualex 快速、无损诊断玉米氮素营养状况[J].作物学报,2010,36(5):840-847.
- [21] 赵士诚,裴雪霞,何萍,等.氮肥减量后移对土壤氮素供应和夏玉米氮素吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2010,16(2):492-497.
- [22] HUTCHINSON C, SIMONNE E, SOLANO P, et al. Testing of controlled release fertilizer programs for seep irrigated irish potato production [J]. Journal of Plant Nutrition, 2002, 26(9): 1709-1723.
- [23] 卫丽,马超,黄晓书,等.控释肥对土壤全氮含量及夏玉米产量品质的影响[J].水土保持学报,2009,23(4):176-180.
- [24] 赵斌,董树亭,王空军,等.控释肥对夏玉米产量及田间氮挥发和氮素利用率的影响[J].应用生态学报,2009,20(11):2678-2684.
- [25] 谢勇.控释氮肥减量施用对玉米生长和土壤氮素损失的影响[D].长沙:湖南农业大学,2018.
- [26] 李伟,李絮花,唐慎欣,等.控释掺混肥对夏玉米产量及土壤硝态氮和铵态氮分布的影响[J].水土保持学报,2011,25(6):68-71,91.
- [27] 孙克刚,和爱玲,胡颖,等.小麦-玉米轮作制下的控释肥肥效试验研究[J].土壤通报,2010,41(5):1125-1129.
- [28] 易镇邪,王璞,陶洪斌,等.氮肥基/追比对华北平原夏玉米生长发育与水、氮利用的影响Ⅱ.夏玉米氮素累积、转运与土壤无机氮动态[J].中国生态农业学报,2008(1):86-90.
- [29] 徐丽娜,闫艳,梅沛沛,等.基肥减氮对夏玉米品种产量形成和氮利用的影响[J].耕作与栽培,2020,40(2):7-10.
- [30] 王永亮,王琦,杨治平,等.缓释型玉米专用肥不同氮源配比对玉米生长的影响[J].玉米科学,2017,25(6):133-141.

Effects of Reducing Nitrogen in Base Fertilizer on Maize Yield and Nitrogen Partial Productivity Under Straw Returning

XU Ying-ying, WANG Yu-xian, YANG Hui-ying, GAO Pan, LIU Yu-tao, WANG Chen, XU Ting, TAN Ke-fei

(Qiqihar Branch, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Qiqihar 161006, China)

Abstract: In order to solve the problems of unscientific nitrogen management, low nitrogen use efficiency and pollution of ecological environment in maize production in Heilongjiang Province, the combined application experiment of slow and controlled-release fertilizer under the reduction of base fertilizer was carried out in the plot with straw returning to study the effects of different fertilization treatments on maize yield, nitrogen accumulation, nitrogen transport and nitrogen partial productivity. The results showed that compared with conventional fertilization, under the condition that the base fertilizer reduced the amount of nitrogen application, and the topdressing period and topdressing amount of nitrogen were the same, the combined application of slow and controlled-release urea was beneficial to improve the nitrogen accumulation of per plant and population, the nitrogen transport capacity and efficiency of vegetative organs, the contribution rate of nitrogen transport to grain, and finally improve the yield and nitrogen partial productivity. Under the condition of applying $11.3 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nitrogen fertilizer as base fertilizer and 30%:70% ratio of resin coated urea to ordinary urea, the amount of nitrogen application could be saved by 16%, the maize yield could be increased by 5.20%, and the partial productivity of nitrogen fertilizer could be increased by 22.88%.

Keywords: reducing nitrogen in base fertilizer; slow and controlled release fertilizer; maize yield; partial productivity of nitrogen fertilizer