

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

崔正果¹, 张恩萍², 王洪预², 尹大鹏³, 董春衫⁴, 庞欣宇⁵, 李秋祝^{2*}, 王跃强^{1*}

(1. 吉林省农业科学院, 长春 130033; 2. 吉林大学植物科学学院, 长春 130062; 3. 吉林省农作物新品种引育中心, 长春 130033; 4. 辽源市农业机械化技术推广站, 吉林 辽源 136200; 5. 辽源市农民科技教育中心, 吉林 辽源 136200)

摘要: 氮肥减施是减少环境压力, 实现农业高产高效与绿色可持续发展的有效途径。为了评价玉米秸秆多年连续还田条件下, 实现N肥减施的可行性, 以连续多年秸秆还田试验地为试验条件, 以普通农户氮肥用量(270 kg/hm²)为对照, 分别设置氮肥减施1/9、2/9、1/3、4/9共4个量级水平, 研究了不同氮肥减施对玉米的产量、收获指数以及氮肥利用的影响。结果表明: 在氮肥减施2/9处理下, 产量和生物量无显著降低, 但显著提高了收获指数。氮肥减施对茎的氮浓度无显著影响, 但氮肥减施1/3与4/9显著降低了籽粒的氮浓度以及茎和籽粒的氮吸收量。此外, 随着氮肥减施量的增加, 氮肥的偏生产力显著提高。综上, 在氮肥减施2/9条件下, 可充分协调玉米的产量与氮利用效率, 为氮肥最佳减施处理。

关键词: 玉米; 秸秆还田; 平衡施肥; 氮肥利用率; 黑土

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2021)06-0022-04

Effects of Reduced Nitrogen Application on Maize Yield and Nitrogen Utilization under Long-Term Straw Return

CUI Zhengguo¹, ZHANG Enping², WANG Hongyu², YIN Dapeng³, DONG Chunshan⁴, PANG xinyu⁵, LI Qiuzhu^{2*}, WANG Yueqiang^{1*}

(1. Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033; 2. College of Plant Science, Jilin University, Changchun 130062; 3. Jilin Province Crop Introduction and Breeding Center of New Varieties, Changchun 130033; 4. Liaoyuan Agricultural Mechanization Extension Station, Liaoyuan 136200; 5. Farmers' Science and Technology Education Center of Liaoyuan City, Liaoyuan 136200, China)

Abstract: Nitrogen fertilizer reduction is an effective way to reduce environmental pressure, achieve higher yield and higher efficiency use for sustainable agriculture. To evaluate the feasibility of reduced N fertilizer application under years continuous maize straw returning, the nitrogen application rate of ordinary farmers (270 kg/ha) was used as the control, and the nitrogen application rate of ordinary farmers was set at four levels of 1/9, 2/9, 1/3 and 4/9, respectively. The effects of different nitrogen fertilizer reduction on maize yield, harvest index and nitrogen use were studied. The results showed that the yield and biomass did not decrease significantly, but the harvest index increased significantly. The N concentration of stem was not significantly affected by N fertilizer reduction, but the N concentration of grain and the N absorption of stem and grain were significantly reduced by 1/3 and 4/9 nitrogen fertilizer reduction. In addition, with the increase of N fertilizer reduction, the partial productivity of N increased significantly. In conclusion, under the condition of N fertilizer reduction by 2/9, corn yield and N utilization efficiency could be fully coordinated, which was the optimal N fertilizer reduction treatment.

Key words: Maize; Straw return; Balanced fertilization; N use efficiency; Black soil

收稿日期: 2020-08-01

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300303-03); 吉林省科技发展计划项目(20210202011NC, 20190301022NY)

作者简介: 崔正果(1990-), 男, 研究实习员, 硕士, 主要从事作物栽培与大豆种质资源鉴定研究。

通讯作者: 李秋祝, 女, 博士, 副教授, E-mail: liqz@jlu.edu.cn

王跃强, 男, 博士, 研究员, E-mail: 82516942@qq.com

氮素(N)是植物生长必需的大量营养元素之一, 在植物体内氮是构成蛋白、核糖核酸(RNA)、脱氧核糖核酸(DNA)等生物大分子的重要组成部分^[1], 在维持植物体内正常的生理过程和代谢中具有重要作用。而土壤是植物吸收利用N的主要来源。因此, 土壤中N含量以及存在形态是影响

作物吸收利用N素的重要因素^[2-3]。而实际证明,秸秆还田是提高土壤肥力,改善农田土壤质量的重要措施^[4]。由于作物的秸秆中不但含有丰富的N、P、K等大量元素,而且富含大量的纤维素等碳水化合物成分^[5],研究证实多年秸秆还田处理不但对于改善土壤水分状况、土壤固液气三相组成、改善土壤容重等物理性状具有重要作用^[6],而且连续多年还田对于改善土壤微生物群落结构^[7]、提高耕层土壤速效养分以及土壤有机质含量具有重要的促进作用^[5,8]。

目前,国内关于秸秆还田的研究已有大量报道,但是这些研究主要集中于秸秆还田的短期效应^[4,9],而对于秸秆还田的多年甚至长期效应的研究报道较少。因此,本研究以吉林中部黑

土区秸秆多年连续还田处理地块为研究对象,探究多年秸秆还田背景下进行氮素减量施用的可能性,以期为黑土资源保护和利用提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验地基本概况

试验于2018年在吉林大学农业试验教学基地大西农场(43°56′37.44″N, 125°14′29.38″E)进行。该试验点位于湿润与半湿润区的过渡地带,年平均气温4.8℃,日照时长2 688 h,年均降水量600 mm左右。试验在玉米秸秆连续八年全量还田地块进行,耕层(0~20 cm)土壤肥力如表1所示,种植玉米品种为宏育236。

表1 试验地耕层土壤基础肥力状况

有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	速效氮(mg/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)	全钾(g/kg)	速效钾(mg/kg)
20.79	0.153	125.27	0.076	21.27	2.271	106.23

1.2 试验设计

N肥运筹共设150、180、210、240、270 kg/hm²五个水平,其中以普通农户N肥投入量270 kg/hm²施肥量为对照(CK),故各处理N投入水平比对照依次分别减少4/9、3/9(1/3)、2/9、1/9,试验处理依次记作RN_{4/9}、RN_{1/3}、RN_{2/9}、RN_{1/9}、RN₀(CK)。

田间试验小区采用大区设计,面积为5 000 m²(长50 m,宽100 m),区内设重复。磷肥(P₂O₅)与钾肥(K₂O)用量分别为90 kg/hm²,所有肥料均在播种整地时一次性施入。生育期主要进行杂草以及玉米螟、黏虫的防控,措施和方法等同于生产田。

1.3 测定指标与方法

1.3.1 产量和生物量

待玉米生理成熟后,水分降至25%以下时进行田间测产,测产面积为20 m²,统计鲜穗重和穗数,挑10穗标准穗待风干后考种,计算实际籽粒产量;每处理随机收取2行,将地上植株用镰刀贴地面全部收获,然后烘干称重,计算生物量大小。

1.3.2 氮浓度测定

将地上生物量分成籽粒和茎秆(包含叶片、苞叶等)两部分,然后粉碎过筛,利用凯氏定氮法测定N的浓度;器官N吸收量等于该器官中N的浓度与生物量的乘积;所有数据3次重复,取平均值。

1.3.3 氮肥的偏生产力

N肥偏生产力为籽粒产量与该处理N投入量的比值。

2 结果与分析

2.1 氮肥减施对玉米产量和穗部性状的影响

不同氮肥减施处理下玉米产量及穗部性状比较如表2所示,从表中可以看出,与对照处理(RN₀)相比,氮量减施处理RN_{1/9}与RN_{2/9}籽粒产量无显著差异($P>0.05$),而RN_{1/3}与RN_{4/9}处理无差异但两者均显著低于对照($P<0.05$);群体生物量趋势与籽粒产量表现类似,但收获指数表现为RN_{2/9}处理最大,显著高于其他处理,RN₀与RN_{1/9}处理次之,RN_{1/3}与RN_{4/9}处理最小,显著低于其他处理。

从不同处理之间穗部性状比较来看,不同处理之间穗行数无显著差异,行粒数表现为随着氮肥减施量的增加而呈减低趋势,其中RN_{1/3}与RN_{4/9}处理显著低于其他处理,而对于百粒重除了RN_{4/9}处理显著低于其他处理之外,其他处理之间无显著差异。

2.2 氮肥减施对茎部和籽粒中N浓度和N吸收量的影响

不同氮肥减施处理下籽粒、茎秆中的N浓度及其相应吸收量分别如图1(a)与1(b)所示,从图中可以看出,相同处理下籽粒中N浓度显著高于茎秆中N的浓度,并且随着氮肥减施量的增加,籽粒中N的浓度有降低趋势,其中,RN₀、RN_{1/9}与RN_{2/9}处理之间差异不显著,而RN_{1/3}与RN_{4/9}处理籽粒中N浓度显著低于其他处理;但不同处理之间茎秆中N浓度无显著差异($P>0.05$)。从不同处理

表2 氮量减施对玉米产量和穗部性状的影响

处理	籽粒产量 (kg/hm ²)	生物量 (kg/hm ²)	收获指数	穗部性状			
				穗行数	行粒数	穗粒数	百粒重(g)
RN ₀	11 976.29±849a	25 033.64±963a	0.478±0.02b	16.8a	37.70a	632.60b	31.02a
RN _{1/9}	11 833.91±572a	24 313.14±900a	0.487±0.01b	17.0a	37.50a	637.40a	30.99a
RN _{2/9}	11 918.20±664a	24 263.8±1669a	0.492±0.01a	17.0a	37.20a	632.80a	30.63a
RN _{1/3}	9 976.58±620b	21 676.76±1018b	0.460±0.02c	16.2a	35.80b	580.40b	30.17a
RN _{4/9}	9 448.55±273b	21 051.26±804.3b	0.449±0.02c	16.4a	35.20b	577.60b	29.20b

注:同列不同小写字母表示在0.05水平上差异显著($P<0.05$),下同

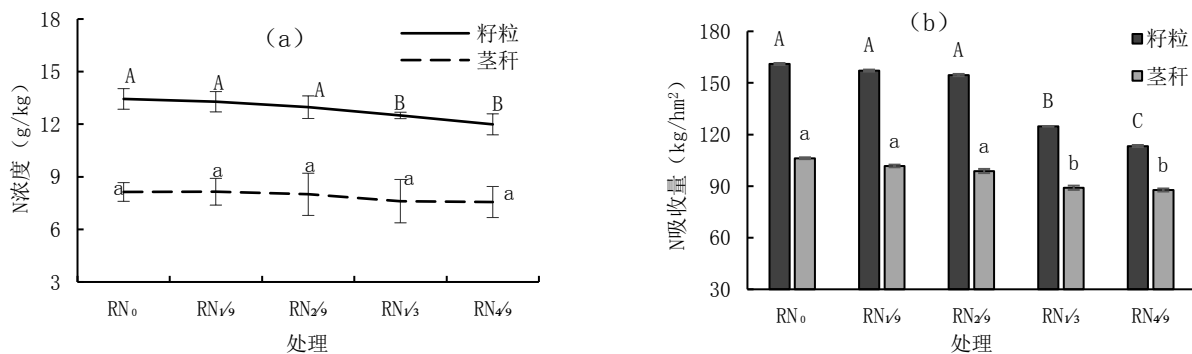


图1 氮量减施对籽粒和茎秆N浓度以及N吸收量的影响

下N吸收量来看,籽粒中N吸收量与茎秆中N吸收量表现趋势基本一致,均表现为随着氮肥减施量的增加,N吸收量呈降低趋势,RN₀、RN_{1/9}与RN_{2/9}处理N吸收量无差异,籽粒中RN_{4/9}处理显著低于RN_{1/3}及其他处理,而茎秆中RN_{4/9}与RN_{1/3}无差异但显著低于其他处理。

2.3 氮肥减施对N利用效率的影响

不同处理下N的利用效率如图2所示,从图中可以看出,随着氮肥减施量的增加,N的利用效率呈增加趋势,其中RN_{2/9}、RN_{1/3}与RN_{4/9}处理无显著差异($P>0.05$),但显著高于其他处理。

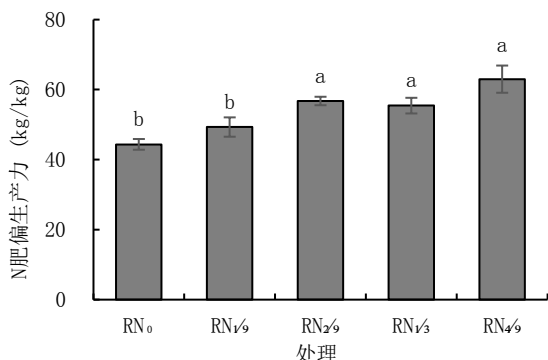


图2 氮量减施对N肥偏生产力的影响

3 讨论与结论

秸秆还田是改善土壤质量、从根本上改善农

田土壤肥力状况的重要措施和途径^[1,10],特别是长期多年的秸秆连续还田对持续改善耕层土壤养分状况有重要作用。根据农业农村部制定的《到2020年化肥使用量零增长行动方案》,实施化肥使用量零增长行动,是推进农业“转方式、调结构”的主要目标,因此,通过秸秆长期还田这一举措,在一定程度上为作物减肥不减产以及玉米生产的提质增效提供了可能^[11]。本研究结果表明:在秸秆连续还田多年地块中,当氮量减施处理11.11%(RN_{1/9})与22.22%(RN_{2/9})情况下玉米籽粒产量与对照相比无显著降低($P>0.05$),而氮肥减施量超过33.33%(RN_{1/3})后产量显著下降;此外,群体生物量变化趋势与籽粒产量表现类似,同时在RN_{1/9}处理下收获指数最大,这些结果表明,在连续多年秸秆还田情况下,N肥减施量以控制在2/9范围内为宜,超过1/3则会有减产风险。

N是植物生长必需的大量元素之一。N的施入量会在一定程度上影响土壤N的供应,从而对植株的生长以及N的利用效率产生一定的影响^[12]。从本研究结果来看,在连续多年秸秆还田条件下,N量减施会显著影响玉米的穗粒数,而穗粒数的变化主要由行粒数的变化引起的,不同处理之间除了RN_{4/9}百粒重显著降低外,其他处理之间无显著差异。籽粒是N吸收的主要器官,土壤NO₃⁻-N与NH₄⁺-N是植物吸收利用N的主要形

式^[13]。从植株籽粒和茎中N的浓度与N的吸收量的比较来看,不同处理之间对茎中N浓度无显著影响,而 $RN_{1/3}$ 与 $RN_{4/9}$ 处理显著降低了籽粒中N的浓度,而这可能是由于N的过量减施影响了土壤有效N的供应和周转速率^[2]。韩瑞芸等^[14]研究表明,在常规种植条件下,氮肥减施对土壤有效氮(碱解氮)的影响不显著,N肥减施25%条件下未产生显著的减产,这与本研究结果基本是一致的。张建军等研究认为,在连续3年秸秆还田条件下,通过秸秆翻压还田与氮肥减施20%~40%结合,可以提高拔节期玉米光合性能及叶片SPAD值,从而有利于提高春玉米生育期干物质积累量以及产量形成,这可能是本试验氮肥减施条件下,群体收获指数提高的重要原因之一^[4]。

一般认为,长期的秸秆还田处理后,合理优化氮的投入对土壤肥力持续性地稳定提升具有积极的意义^[15]。适当减施一定量的化肥,可提高作物的肥料利用率^[10]。本研究证实,随着氮肥减施量的增加,N的偏生产力有增加的趋势,但是 $RN_{2/9}$ 、 $RN_{1/3}$ 与 $RN_{4/9}$ 处理无显著差异,但均显著高于其他两处理,这说明随着N肥减施量的增加,N的偏生产力不再显著提高,从本试验结果来看 $RN_{2/9}$ 处理下N的利用效率最高。邹晓锦等^[2]研究认为,在氮肥减量20%的情况下,玉米植株氮肥吸收利用率以及氮肥农学利用率均较高,氮素表观损失量最少,这与本研究结果是一致的。综上,在吉林省中部地区,在秸秆连续多年还田条件下,氮肥减施2/9是较优的氮肥运筹措施。

参考文献:

- [1] 胡娟,吴景贵,孙继梅,等.氮肥减量与缓控肥配施对土壤供氮特征及玉米产量的影响[J].水土保持学报,2015,29(4):116-120,194.
- [2] 邹晓锦,张鑫,安景文.氮肥减量后移对玉米产量和氮素吸收利用及农田氮素平衡的影响[J].中国土壤与肥料,2011(6):25-29.
- [3] G Li, Z S Zhang, H Y Gao, et al. Effects of nitrogen on photosynthetic characteristics of leaves from two different stay-green corn (*Zea mays* L.) varieties at the grain-filling stage[J]. Canadian Journal of Plant Science, 2012, 92(4): 671-680.
- [4] 张建军,党翼,赵刚,等.秸秆还田与氮肥减施对旱地春玉米产量及生理指标的影响[J].草业学报,2019,28(10):156-165.
- [5] J Chen, M j Zheng, D Pang, et al. Straw return and appropriate tillage method improve grain yield and nitrogen efficiency of winter wheat[J]. Journal of Integrative Agriculture, 2017, 16(8): 1708-1719.
- [6] 戴皖宁,王丽学,Ismael Khan,等.秸秆覆盖和生物炭对玉米田间地温和产量的影响[J].生态学杂志,2019,38(3):719-725.
- [7] Z Chen, H Wang, X Liu, et al. Changes in soil microbial community and organic carbon fractions under short-term straw return in a rice - wheat cropping system[J]. Soil and Tillage Research, 2017, 165: 121-127.
- [8] S S Dhaliwal, R K Naresh, R K Gupta, et al. Effect of tillage and straw return on carbon footprints, soil organic carbon fractions and soil microbial community in different textured soils under rice-wheat rotation: a review[J]. Reviews in Environmental Science and Bio/Technology, 2019, 19(1): 103-115.
- [9] 王金金,刘小利,刘佩,等.秸秆还田条件下减施氮肥对旱地冬小麦水氮利用、光合及产量的影响[J].麦类作物学报,2020,40(2):210-219.
- [10] 王学敏,刘兴,郝丽英,等.秸秆还田结合氮肥减施对玉米产量和土壤性质的影响[J].生态学杂志,2020,39(2):507-516.
- [11] 张智,乔艳,刘东海,等.氮肥减施对油菜产量、氮素吸收与利用的影响[J].中国土壤与肥料,2020(2):140-145,183.
- [12] P Li, X Hao, M Aryal, et al. Elevated carbon dioxide and nitrogen supply affect photosynthesis and nitrogen partitioning of two wheat varieties[J]. Journal of Plant Nutrition, 2019, 42(11-12): 1290-1300.
- [13] Q J Cao, G Li, F T Yang, et al. Plough pan impacts maize grain yield, carbon assimilation, and nitrogen uptake in the corn belt of northeast China[J]. Emirates Journal of Food and Agriculture, 2017, 29(7): 502-508.
- [14] 韩瑞芸,刘志发,杨世琦,等.氮肥减量对东北坡岗地土壤养分及玉米产量的影响[J].中国农学通报,2016,32(24):63-68.
- [15] 李梦瑶,王永,吉凡,等.吉林省主要类型农田土壤中玉米产量和氮肥利用率的研究[J].东北农业科学,2016,41(4):53-57.

(责任编辑:刘洪霞)