

玉米化肥减施增效技术应用效果研究综述

刘方明, 孙云云, 高玉山, 窦金刚, 侯中华, 万成山, 刘慧涛*, 王立春

(吉林省农业科学院农业环境与资源研究所, 吉林长春 130033)

摘要 综述了玉米化肥减施增效的技术途径及应用效果的研究现状, 分析了施加缓释肥料等新配方肥料、有机物料以及化学物质等物质的减肥增效作用, 探讨了轮作、调整播期、喷洒化肥距离以及水肥一体化等措施的应用效果, 提出了减肥增效技术的研究前景。该研究可以为玉米化肥减量技术的实际应用提供理论基础, 有利于该技术综合生态评价和推广应用。

关键词 玉米; 化肥减施增效技术; 应用效果

中图分类号 S143; S513 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2019)16-0009-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.16.003



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Summary of the Research on the Application Effect of Fertilizer Reducing Input and Increasing Efficiency Technology in Maize
LIU Fang-ming, SUN Yun-yun, GAO Yu-shan et al (Institute of Agricultural Environment and Resources Research, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun, Jilin 130033)

Abstract We summarized the technical approaches and application effects of maize fertilizer reducing input and increasing efficiency, analyzed the effects of applying for slow-release fertilizer etc., organic materials and chemical substances to reduce input and increase efficiency, and discussed application effects of the rotation of crops, adjustment of sowing date, changing spraying distance of chemical fertilizer and application of the water-fertilizer integration. The research prospect of reducing input and increasing efficiency technology were put forward. This study could provide a theoretical basis for the practical application for maize fertilizer reduction technology, which is beneficial to the comprehensive ecological evaluation and application for the technology.

Key words Maize; Technology of reducing input and increasing efficiency; Application effects

施肥是保证玉米产量的重要技术措施之一, 施肥量不足会影响玉米产量^[1]。为获得作物高产, 农民在玉米生产中往往过量施肥, 造成肥料利用率低、土壤养分不均衡、土壤肥力退化以及环境污染问题^[2], 在保证玉米高产稳产前提下, 适当减少化肥用量、提高肥料利用率, 已成为农业生产急需解决的重要问题^[3]。研究者对过量施肥的时空分异进行研究, 提出吉林省等减量目标为 156.6 kg/hm²^[4]。减少化肥施用量的技术方法较多, 如施加缓释肥料、肥料增效剂^[5-7]、有机肥、生物炭^[8-9]、腐殖酸、聚谷氨酸^[10]等, 采用玉米大豆轮作、水肥一体化技术等^[11-12]措施等也可以减少化肥用量, 提高肥料利用率。

笔者概述了施加缓释肥料、农业有机物料和化学物质、采用轮作、调整播期及应用水肥一体化等化肥减施增效措施的应用效果, 提出化肥减施技术应用的研究展望, 为玉米化肥减量技术的综合评价和推广应用提供科学依据。

1 玉米化肥减施增效技术应用效果概述

1.1 施加缓释肥料等新型肥料

1.1.1 树脂包膜缓释肥料。缓释肥料具有显著的节氮作用。研究表明, 缓释肥料氮利用率比常规肥料提高 1 倍左右^[13]。树脂包膜缓释肥料的氮肥利用率提高明显, 黄淮海夏玉米和东北春玉米生产中采用减少 20% 氮用量的一次性施树脂包膜尿素缓释肥料施肥方式, 与农民习惯施肥处理相比, 氮肥偏生产力明显提高 33.85% 和 17.47%^[5-6]。

1.1.2 含硝化抑制剂等的缓释肥料。缓释肥料添加硝化抑

制剂、脲酶抑制剂等, 可以促进玉米干物质及养分累积^[14], 提高玉米的氮利用率。吉林、河北地区采用含硝化抑制剂缓释肥料进行一次施肥, 降低了氮肥用量, 玉米产量稳定或增产 9%^[15]。

1.1.3 添加肥料增效剂的肥料。施加氨基酸肥料增效剂, 如聚天门冬氨酸和聚谷氨酸等, 可以增加肥料利用率, 有助于玉米增产。施加聚天门冬氨酸, 可以增加玉米幼苗中叶绿素的含量、叶片中硝酸还原酶的活性和光合速率^[16], 施加聚天门冬氨酸螯合氮肥能促进玉米籽粒灌浆中后期氮素代谢, 提高玉米氮肥偏生产力 51.3%~54.4%^[17]。聚谷氨酸肥料增效剂可以提高土壤有效氮含量, 促进作物苗期光合作用^[18]。

肥料增效剂种类不同, 调控增产机理存在差异。增效剂 NAM 改善玉米生育前期氮素营养; 增效剂 PAA 提高玉米灌浆后营养器官干物质和氮磷钾的累积分配^[7]; 增效剂 Entrench 具有反硝化作用, 控制 NH⁴⁺/NO³⁻ 比例, 比 NMAX 作用明显^[19]。

纳米碳作为一种肥料增效剂, 可以增加玉米吸氮量, 提高根系活力和土壤酶活性, 促进玉米生长。施氮同时增施纳米碳, 与单纯施加氮处理相比较, 玉米植株生物量增加 4%~12.29%, 吸氮量增加 8.33%~9.09%, 玉米根系活力增加 2.2~2.3 倍, 根际土壤脲酶增加 7.89%~28.26%^[20]。

1.1.4 其他肥料。一些新型肥料可以促进氮素代谢, 提高氮肥利用效率。研究者提出, 东北地区应用不同类型新型肥料节约氮肥潜力为 9~25 kg/hm²^[12]。肥料中加入保水剂、硅肥及沼肥具有节肥增效的作用。保水剂, 有机、无机营养元素等制成的复合肥效果研究表明, 复合肥可以增加玉米干重 14.8%~27.2%, 水分利用率增加 39.6%~61.3%, 氮利用率增加 24.5%~45.2%^[21]。硅肥可以促进玉米生长, 氮、磷和钾减

基金项目 国家重点研发计划课题(2017YFD0201806, 2017YFD0300602, 2016YFD0300807)。

作者简介 刘方明(1976—), 女, 内蒙古赤峰人, 副研究员, 博士, 从事生态学研究。* 通信作者, 研究员, 硕士, 从事土壤改良研究。

收稿日期 2019-04-02

施比例 $\leq 20\%$ 条件下,增施 75 kg/hm^2 硅肥促进养分吸收,增加玉米产量^[22]。东北高寒区施用沼渣效果研究表明,施用 1 t 沼渣可替代 135.25 kg 尿素、 180.18 kg 磷酸二铵和 107.07 kg 硫酸钾,单施沼渣处理和化肥配施沼渣处理可以提高表层土壤pH $0.02\sim 0.28$ 单位,增加有机质 $0.14\sim 2.84\text{ g/kg}$ ^[23]。

1.2 施加农业有机物料

1.2.1 有机肥和秸秆。减少化肥增施有机肥,可以提高土壤微生物数量和土壤酶活性,提高有机质含量,改善土壤质量。河西绿洲灌区玉米间作豌豆生产中配施有机肥试验表明,氮素减量 15% 并配施有机肥,可以增加土壤微生物数量,不影响2种作物总产量^[24]。皖北夏玉米种植中,化肥减量 20% 配施有机肥处理与单纯施化肥比较,提高玉米产量 9.7% ,提高化肥氮偏生产力 13.3 kg/kg ^[25]。

有学者提出,有机肥可以替代 50% 化肥。 50% 有机肥(猪粪或蚯蚓粪)配施 50% 化肥可以提高玉米拔节期和大喇叭口期株高、叶片SPAD值、生物量和根系活力^[26]。在小麦-玉米轮作有机培肥条件下, 50% 化肥减量同时施加中量有机肥的处理,土壤酶活性及微生物量碳、氮含量均较高,施肥效果较好^[8]。

多年秸秆还田可以明显改善土壤,增加土壤养分,从而节省肥料用量。辽宁省秸秆还田多年试验结果表明,与不还田常规施肥处理相比,4年秸秆还田提高土壤有机质和有效磷含量 13.49% 和 6.76% ,提高玉米产量作用明显^[27]。

1.2.2 生物炭。玉米田配施生物炭可以增加土壤保水保肥性能,提高土壤肥力,提高玉米产量。生物炭施加量受到不同土壤肥力和地区等差异的影响。研究者探讨生物炭添加量对玉米苗期生长的影响,结果发现,土壤水分含量 22% 条件下,低有机质土壤中施入生物炭 100 g/kg 、高有机质土壤中施入生物炭 50 g/kg ,均促进玉米苗期生长^[28]。内蒙古自治区地区生物炭应用效果的研究发现, 8 t/hm^2 生物炭配 150 kg/hm^2 氮肥增加土壤碳氮含量,促进土壤微生物量和酶活性,提高玉米产量^[9];山西省秸秆生物炭施用量的研究发现, $24\sim 48\text{ t/hm}^2$ 生物炭促进土壤和玉米籽粒养分的积累,施用效果较好^[29]。

1.2.3 绿肥。种植绿肥能改善土壤物理性质,提高土壤有机质,提高土壤养分^[30]。贵州省豆科绿肥化肥减量试验效果表明,翻压光叶苕子 15 t/hm^2 、化肥减量 $15\%\sim 30\%$ 处理可以提高玉米产量^[31]。河北省种植翻压二月兰对玉米产量及养分利用的影响研究发现,化肥减量 15% 同时翻压绿肥二月兰增加玉米产量 28.60% 、增加地上部分吸氮量 22.89% (与单施化肥相比)^[32]。

1.2.4 腐殖酸类肥料。腐殖酸类肥料属于缓效有机肥料,化肥减量中配施腐殖酸可以提高玉米产量。化肥与腐殖酸的适宜配比是影响玉米产量的重要因素。李放等^[33]研究发现,尿素与黄腐酸钾配施的最佳比例为 $200:1$,玉米增产率为 19.56% 。玉米叶面喷施黄腐酸钾,产量可增加 12.8% ^[34]。姜佰文等^[3]研究化肥减量配施不同用量腐殖酸的应用效果,结果表明,化肥减量 20% 处理玉米生长指标表现良好,与常规

施肥相比,玉米产量提高 7.60% ,氮肥利用率提高 51.61% 。

1.3 施加化学物质

1.3.1 复硝酚钠和芸苔素内酯等。植物生长调节剂影响玉米生长发育,不同种类植物生长调节剂增产效果存在差异。龙友华等^[35]采用浸种法研究复硝酚钠、芸苔素内酯、天达2116、好鲜收4种植物生长调节剂的作用,发现天达2116增产效果明显,其次为好鲜收、芸苔素,复硝酚钠对玉米千粒重影响较大。

1.3.2 聚谷氨酸。聚谷氨酸具有提高玉米抗旱性、促进生长和提高生物量等多方面的作用^[36]。研究发现,中度干旱胁迫条件下,聚谷氨酸发酵液可提高玉米幼苗抗旱性、株高、叶面积以及生物量^[10]。细菌源 γ -聚谷氨酸对玉米生长影响的研究发现,低营养条件下较低浓度聚谷氨酸促进玉米生长,提高叶绿素相对含量、根系活力和生物量^[37]。

1.4 采用玉米与豆科作物间套作或轮作玉米与大豆轮作和套作具有减肥增效作用,可以调节微生物群落,提高作物产量。研究发现,玉米/大豆套作系统减量施氮,有利于增加根际土壤细菌数量,调节细菌群落结构及多样性,促进作物对氮素的吸收^[11]。玉米和大豆轮作可以增加两者产量,减少大豆农药施用量和玉米化肥施用量;与非轮作相比,玉米产量提高 803.81 kg/hm^2 ,化肥投入量节省 117 kg/hm^2 ^[38]。玉米花生间作减肥试验研究结果表明,施氮量从 225.0 kg/hm^2 减至 202.5 kg/hm^2 ,更利于下茬小麦的高效安全生产^[39]。

1.5 其他措施调整施肥时期、调节喷洒化肥距离以及采用水肥一体化等措施,都可以提高肥料的利用率。东北玉米化肥高效施用采用4R技术,肥料位置合理,利用高效施肥机械和水肥一体化技术,可以减少土壤养分损失^[12]。分期施肥对土壤中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 含量以及玉米产量的影响研究发现,与全部氮肥作底肥相比较,分期施肥促进玉米茎粗、叶面积、气生根数量和穗长等加大^[19]。吉林西部黑土区膜下滴灌氮肥减施增效技术研究表明,采用鸡粪+化肥作基肥,分期施肥,经济效益较高^[40]。

调节喷洒化肥距离可以促进玉米氮素吸收,有利于玉米增产。研究3种施氮水平与4个施肥距离对作物增产节肥的影响,结果发现,玉米/大豆套作系统减氮 18% 施氮量 270 kg/hm^2 ,施肥距离 $15\sim 30\text{ cm}$ 有利于干物质积累,提高作物产量^[41]。

华北地区微喷灌水肥一体化对玉米产量影响的研究发现,微喷灌能够促进玉米灌浆期生物量的积累,微喷灌减肥 20% 对生物量积累的影响不明显^[42]。

2 研究展望

(1)化肥减施增效技术的推广应用中,还应重视农业生产成本核算,以实现节本增效。一次性施肥技术与分期施肥技术相比较,可以实现节本增收及轻简化生产^[5]。肥料增效剂选择中,还应考虑产品价格、降解性及推广实用性,如天冬氨酸的价格昂贵、推广技术不成熟^[43],因此大面积推广应用较难。

(2)化肥减施增效技术模对温室气体及土壤生物等方面

影响的研究较少,今后可以从多方面研究化肥减施增效技术,有利于建立综合指标体系,对减肥增效技术进行生态评价。减氮对温室气体影响的研究发现,华北平原炭化还田配合减氮可以降低土壤温室气体排放强度^[44];东北黑土区减氮 20% 添加吡啶抑制剂的减排增收效果优于其他施肥措施^[45]。采用生物有机肥替代常规施肥用量 20%,可以提高土壤微生物多样性和土壤酶活性^[46]。

(3) 化肥减施增效技术效果容易受到土壤类型、种植模式以及气候因素等多方面因素的影响,采用不同土壤类型、不同地区的多年试验数据,能够更充分地验证减肥增效技术的应用效果。黄淮海地区进行施肥技术的 2 年试验,分析 4 种土壤类型的 8 个试验地点的数据,较充分验证了技术应用效果^[5];东北粮豆轮作“减肥增效”的生态效应研究,以多年定位试验和农户调研数据作支撑,证实 PASP 螯合氮肥对玉米氮素代谢的作用^[38]。

3 结论

玉米化肥减施增效中施加缓释肥料或新配方肥料、有机物料或化学物质等,采用玉米与豆科作物轮作套作、调整施肥时期、调节喷洒化肥距离以及采用水肥一体化等技术措施,可以提高玉米产量,提高土壤肥力,增加农民的经济效益。深入研究玉米化肥减施增效技术,为进一步建立综合评价指标体系提供基础资料,有利于化肥减施增效技术模式的生态评价。

参考文献

[1] 孟琳,张小莉,蒋小芳,等.有机肥料氮替代部分化肥氮对稻谷产量的影响及替代率[J].中国农业科学,2009,42(2):532-542.

[2] 尚辉.化肥减量对玉米农田土壤氮分布及作物氮吸收的影响[J].江苏农业科学,2018,46(20):66-69.

[3] 姜佰文,谢晓伟,王春宏,等.应用腐殖酸减肥对玉米产量及氮效率的影响[J].东北农业大学学报,2018,49(3):21-29.

[4] 孔凡斌,郭巧琴,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.

[5] 杨岩,谭德水,江丽华,等.黄淮海夏玉米一次性施肥技术效应研究[J].中国农业科学,2018,51(20):3909-3919.

[6] 宋梓璇,李虎,李建政,等.控释肥对东北春玉米产量和土壤氮挥发的影响[J].农业环境科学学报,2018,37(10):2342-2349.

[7] 何一通,王玲莉,郭丽果,等.氮磷养分供应及调控对夏玉米干物质及养分累积分配的影响[J].河北农业大学学报,2018,41(3):14-21.

[8] 门倩,海江波,岳忠娜,等.化肥减量对玉米田土壤酶活性及微生物量的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(6):133-140.

[9] 孟繁昊,高聚林,于晓芳,等.生物炭配施氮肥改善表层土壤生物化学性状研究[J].植物营养与肥料学报,2018,24(5):1214-1226.

[10] 贾艳萍,殷爱鸣,孙艳梅,等.产聚谷氨酸菌株的筛选及菌株发酵液对玉米幼苗抗旱性的作用[J].生物技术通报,2017,33(10):135-142.

[11] 周丽,付智丹,杜青.减量施氮对玉米/大豆套作系统中作物氮素吸收及土壤氮氧化与反硝化细菌多样性的影响[J].中国农业科学,2017,50(6):1076-1087.

[12] 米国华,伍大利,陈延玲,等.东北玉米化肥减施增效技术途径探讨[J].中国农业科学,2018,51(14):2758-2770.

[13] 马军伟,何念祖,陈俊,等.肥效调节剂(CAF)的节肥省工效应研究[J].浙江理工大学学报(农业与生命科学版),2000,26(3):317-320.

[14] 赵自超,韩笑,石岳峰,等.硝化和脲酶抑制剂对华北冬小麦-夏玉米轮作固碳减排效果评价[J].农业工程学报,2016,32(6):254-262.

[15] 肖焱波,杨丛梅,高强,等.含硝化抑制剂复合肥对玉米的节肥增产效果研究[J].华北农学报,2009,24(S1):191-194.

[16] 姜雯,周登博,张洪生,等.不同施肥水平下聚天冬氨酸对玉米幼苗生长的影响[J].玉米科学,2007,15(5):121-124.

[17] 唐会会,许艳丽,王庆燕,等.聚天门冬氨酸螯合氮肥减量基肥对东北春玉米的增效机制[J].作物学报,2019,45(3):431-442.

[18] 房娜娜,卢宗云,石元亮,等.肥料增效剂“保肥思”对春玉米苗期土壤有效氮的影响[J].辽宁农业科学,2016(1):32-35.

[19] 彭东,沈玮因,宋树柏,等.肥料增效剂对夏玉米植物学性状、产量构成及土壤中 NH_4^+-N 和 NO_3^--N 的动态影响[J].玉米科学,2018,26(2):110-117.

[20] 李淑敏,马辰,李丽鹤,等.纳米碳对玉米氮素吸收及根系活力和土壤酶活性的影响[J].东北农业大学学报,2014,45(7):14-18,25.

[21] 江云,马友华,陈伟,等.束维正抗旱复合肥的节水节肥效果研究[J].中国农学通报,2009,25(10):161-165.

[22] 朱从桦,李其勇,程明军,等.氮磷钾减量配施硅肥对玉米养分吸收、利用及产量的影响[J].中国土壤与肥料,2018(1):56-63.

[23] 肖洋,李丽,田里,等.东北高寒区沼渣连年施用对玉米产量、效益和土壤肥力的影响[J].水土保持学报,2017,31(2):262-266,300.

[24] 谢鹏斌,黄鹏,安丹军.配施生物有机肥及化肥减量对玉米间作豌豆土壤微生物及产量的影响[J].甘肃农业大学学报,2014,49(6):41-46.

[25] 康明,田海霞,王伟,等.关中灌区有机肥替代化肥的玉米种植效果研究[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(5):1-10.

[26] 李孝良,胡立涛,王泓,等.化肥减量配施有机肥对皖北夏玉米养分吸收及氮素利用效率的影响[J].南京农业大学学报,2019,42(1):118-123.

[27] 王秀娟,解占军,何志刚,等.秸秆还田条件下减量施磷对玉米产量、磷素利用率及土壤磷含量的影响[J].河南农业科学,2018,47(8):39-44.

[28] 张少良,穆林林,黄静,等.生物炭添加对黑土水分梯度处理玉米苗期生长的影响[J].作物杂志,2015(5):90-95.

[29] 卢晋晶,邵春花,李建华,等.秸秆生物炭对黄土区农田土壤养分和玉米生长的影响[J].中国农学通报,2017,33(33):92-99.

[30] 袁金华,俄性哲,黄涛,等.水肥管理对带田土壤肥力和作物产量的影响[J].土壤通报,2017,48(2):433-440.

[31] 陈正刚,崔宏浩,张钦,等.光叶苕子与化肥减量配施对土壤肥力及玉米产量的影响[J].江西农业大学学报,2015,37(3):411-416.

[32] 杨璐,曹卫东,白金顺,等.种植翻压二月兰配施化肥对春玉米养分吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(4):799-807.

[33] 李放,宋东涛,王丹丹,等.黄腐酸钾和黄腐酸锌对夏玉米的增产效果[J].河北农业科学,2014,18(4):64-68.

[34] 王红,李放,宋东涛,等.叶面喷施黄腐酸钾对夏玉米产量的影响[J].山东农业科学,2014,46(8):87-89,92.

[35] 龙友华,邱红波,何腾兵.4种植物生长调节剂浸种对玉米调控效应[J].中国农学通报,2011,27(9):106-110.

[36] 张宸.聚谷氨酸生物的合成及其在修复和改良土壤中的应用[J].水土保持通报,2018,38(2):323-328.

[37] 尹成红,雍晓雨,冉炜,等.产 γ -聚谷氨酸菌株的筛选及其对玉米幼苗生长的影响[J].南京农业大学学报,2011,34(2):91-96.

[38] 陈海江,司伟,魏丹,等.粮豆轮作技术的“减肥增效”效应研究:基于东北地区轮作定位试验和农户调研分析[J].大豆科学,2018,37(4):545-550.

[39] 孟维伟,张正,徐杰,等.不同施氮量对玉米花生间作下茬小麦干物质积累及产量构成的影响[J].华北农学报,2018,33(4):175-180.

[40] 黄岩.吉林省西部玉米膜下滴灌氮肥减施增效技术研究[D].长春:吉林农业大学,2017.

[41] 陈平,杜青,周丽,等.减量施氮及施肥距离对玉米/大豆套作系统增产节肥的影响[J].应用生态学报,2016,27(10):3247-3256.

[42] 崔吉晓,檀海斌,吴佳迪,等.微灌喷水肥一体化对河北夏玉米生长及产量的影响[J].玉米科学,2017,25(3):105-110.

[43] 王海平,海霞,李春梅,等.聚天冬氨酸的研究及应用进展[J].河北师范大学学报(自然科学版),2008,32(4):517-522.

[44] 韩继明,潘根兴,刘志伟,等.减氮条件下秸秆炭化与直接还田对旱地作物产量及综合温室效应的影响[J].南京农业大学学报,2016,39(6):986-995.

[45] 郝小雨,周宝库,马星竹,等.氮肥管理措施对黑土玉米田温室气体排放的影响[J].中国环境科学,2015,35(11):3227-3238.

[46] 秦闯,李硕,郭艳杰,等.增施生物有机肥减施化肥对夏玉米土壤指标的影响[J].河北农业大学学报,2018,41(6):17-23.