

玉米生物产量对施复合肥深度的响应

张萌 (大连市甘井子区农业发展服务中心, 辽宁大连 116039)

摘要 [目的] 探究施肥深度对玉米产量的影响。[方法] 采用田间试验方法, 设计不同深度(5、15、25 cm)施肥处理, 分析其对玉米产量的影响。[结果] 种下施肥(15 cm)较正常施肥(5 cm)玉米叶面积指数平均增加 6.0%; 单位面积粒数增加 20.5%; 空秆率及千粒重差异不显著, 种下 15 cm 施肥处理较正常 5 cm 施肥处理玉米产量增加 16.8%。[结论] 复合肥料深施 15 cm 能够使营养层与玉米主要根冠区域相重合, 充分吸收复合肥所提供的能量要素, 促进单位面积粒数和干物质的增加, 从而达到提高玉米产量的目的。

关键词 施肥深度; 玉米; 产量; 干物质积累

中图分类号 S513 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2022)22-0135-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.22.033

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Response of Maize Biological Yield to the Depth of Compound Fertilizer Application

ZHANG Meng (Agricultural Development Service Center of Ganjingzi District, Dalian, Liaoning 116039)

Abstract [Objective] To explore the effect of fertilization depth on maize yield. [Method] A field experiment was conducted to study the effects of fertilization depth (5, 15, 25 cm) on the yield of maize. [Result] The leaf area index increased by 6.0% in 15 cm fertilization compared with 5 cm fertilization. The grain number per unit area increased by 20.5%, and there was no significant difference in empty stalk rate and 1 000-grain weight, the yield of maize increased by 16.8% under 15 cm fertilization compared with that under 5 cm fertilization. [Conclusion] Applying compound fertilizer under 15 cm deep can make the nutrient layer coincide with the main root and shoot working area of maize, fully absorb the energy elements provided by compound fertilizer, and promote the increase of grain number and dry matter per unit area, thus, the aim of increasing corn yield was achieved.

Key words Fertilization depth; Corn; Yield; Dry matter accumulation

农作物生产栽培主要以化肥施用为主。合理的量化施肥以及施肥深度, 可促进玉米对养分的吸收和减少肥料损失, 同时也降低过量施肥造成土地污染^[1-2], 研究玉米施肥深度具有现实经济效益和生态意义。玉米生长对肥料敏感, 研究肥料施用方式对提高肥料供应、增加玉米产量具有重要作用^[3-5]。于晓芳等^[6]研究表明深施氮肥促进玉米根系向下伸展, 并且根重、根系体积明显增加, 根系活力显著提高。杨云马等^[7]研究表明华北平原夏玉米底施氮肥 8~16 cm 深度产量表现突出, 氮素土壤中残留较低, 而深施 24 cm 产量相对减少, 氮素土壤中残留较高。王西娜等^[8]研究了黄土高原南部旱地不同氮肥用量对夏玉米生长及产量的影响, 结果表明适量施氮可以提高作物生物量和实籽产量, 而过度施氮产量并未增加, 且氮残留向下层移动淋失。研究表明肥料深施能够显著增加作物产量^[9-11]。也有研究显示肥料施入过深会增加氮素淋失^[1], 玉米吸收养分的主要器官——根系的吸收活力区主要分布在 0~40 cm 土层^[12-13], 施入过浅肥料分布在表层土壤中肥效会降低^[14-16]。因此, 玉米根系接触到的有效肥土壤体积小, 肥利用率低而使玉米不能正常发挥产能。近年来机械化施肥技术及玉米免耕播种技术的推广应用, 肥料施用深度普遍较浅, Schwab 等^[17]提出了深施肥, 基于深施后玉米增产结论存在不一现象^[18-19]。笔者采用小区试验方法, 分层施肥, 研究不同深度肥效对玉米农艺性状和产量的影响, 探索玉米产量与肥效协同提高的途径, 实现玉米生产节本增效、提高玉米产量的目的, 旨在为玉米高产栽培提供

科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料 供试玉米品种为丹玉 801; 供试基肥为复合肥(N:P₂O₅:K₂O 含量分别为 28:10:12)。

1.2 试验设计 小区面积 70 m²。4 月 25 日播种, 9 月 15 日收获。设定密度为 58 000 株/hm²。施肥深度设 3 个处理, 即为正常施肥(H₁) 5 cm 和种下施肥(H₂) 15 cm 以及深施肥(H₃) 25 cm, 施肥量为 600 kg/hm²; 拔节期按照不同深度增施尿素(N 含量为 46.4%), 施肥量为 400 kg/hm²。试验小区采用随机排列, 3 次重复, 宽窄行种植, 行距 0.8 m×0.4 m。玉米生长期无发生旱涝低温自然灾害。

1.3 测定项目与方法

1.3.1 叶面积测定。 分别在玉米拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期和成熟期测定叶面积, 并计算叶面积指数。每小区取 3 株具有代表性的植株为样品测定叶面积。叶面积及叶面积指数采用下列公式计算。

叶面积(m) 等于长(a) 与宽(b) 之积乘以系数, $m = \angle ab$ (其中, 吐丝前 $\angle = 0.5$, 吐丝后 $\angle = 0.75$), 叶面积指数(LAI) = m/单株占地面积。

1.3.2 干物重测定和收获指数计算方法。 分别在玉米拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆中期和成熟期取 3 株样品植株测定玉米地上部分干物质累积量, 将植株的茎、叶、苞叶、穗、轴、籽粒等分别在烘箱杀青 30 min(105 ℃), 然后采用 80 ℃烘干至恒重, 然后称重计算单株干物质重。

成熟期采用通用算法计算收获指数, 计算公式:

收获指数(HI) = 籽粒产量/植株干物重×100%

1.3.3 测产及考种。 收获前调查各小区的株数、穗数及穗粒数、空秆数。选取小区中间 4 行实收, 按含水量 14% 进行测

基金项目 粮食丰产增效科技创新项目(2017YFD0300705-A04, 2016YFD0300304)。

作者简介 张萌(1983—), 女, 辽宁朝阳人, 高级农艺师, 硕士, 从事农业技术研究和推广工作。

收稿日期 2021-12-12

产,每小区取 15 果穗进行室内风干考种。

1.4 数据处理 统计分析在 Excel 下完成,用于衡量数据值偏离算术平均值的程度,数据分散程度的标准见下列公式:

$$S=\sqrt{\frac{\sum (y_i-y)^2}{N}}$$

式中,S 为标准差,N 样本数, y_i-y 为样本值减总体平均数。

2 结果与分析

2.1 叶面积对施肥深度的动态响应 由图 1 可知,在拔节期浅—深施肥的叶面积指数基本相同,从大喇叭口期至成熟期,不同施肥处理下叶面积指数都是种下施肥(15 cm)处理最高,其次是深施肥(25 cm)处理。在玉米拔节至成熟期种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)叶面积指数平均增加 6.0%,比深施肥(25 cm)增加 4.7%。吐丝期是玉米一生中叶面积顶峰时期,此期种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)叶面积指数增加 8.4%,比深施肥(25 cm)增加 6.2%。在玉米拔节至成熟期种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)叶面积指数平均增加 6.0%,比深施肥(25 cm)增加 4.7%。由此可见,适宜施肥深度处理可促进叶面积的增加,并减缓生育后期叶功能衰竭,种下施肥(15 cm)处理效果最显著。

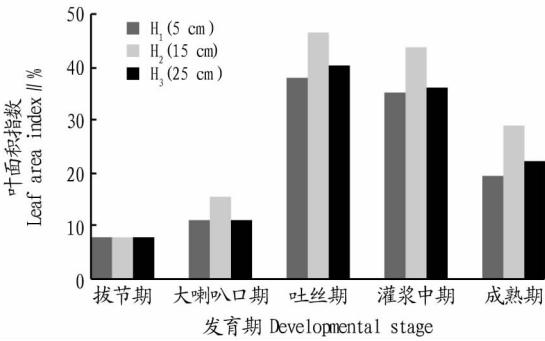


图 1 玉米叶面积指数对施肥深度的动态响应
Fig.1 Dynamic response of maize leaf area index to fertilization depth

2.2 玉米干物质对施肥深度的响应 干物质累积状况是影响玉米产量的重要因素。由图 2 可知,从玉米吐丝期至成熟期施肥深度对干物质累积呈明显差异,各个发育期的干物质质量表现为 $H_2>H_3>H_1$,其中,在吐丝期,种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 6.35%,与深施肥(25 cm)处理下干物质累积量相比略高;深施肥(25 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 6.32%。灌浆中期种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 16.5%,比深施肥(25cm)处理下干物质累积量增加 3.8%;深施肥(25 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 12.2%。成熟期种下施肥(15 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 15.9%,比深施肥(25 cm)处理下干物质累积量增加 4.6%;深施肥(25 cm)比正常施肥(5 cm)处理下干物质累积量增加 10.8%。适当深施肥可以促进玉米干物质积累,种下施肥(15 cm)处理下效果最好。

2.3 玉米产量对施肥深度的响应 由表 1 可知,单位面积粒数、产量对施肥深度具有明显的响应。种下施肥(15 cm)比

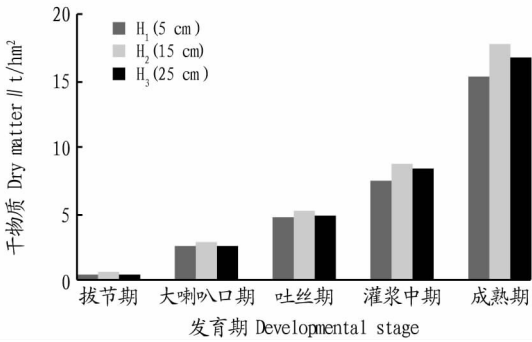


图 2 玉米干物质累积量对施肥深度的响应
Fig.2 Response of accumulated dry matter of maize to fertilization depth

正常施肥(5 cm)处理下千粒重增重 1.0%、单位粒数增加 20.5%、产量增加 16.8%,比深施肥(25 cm)处理下千粒重增重 0.5%、单位粒数增加 16.7%、产量增加 7.9%;深施肥(25 cm)比正常施肥(5 cm)千粒重增重 0.5%、单位粒数增加 3.2%、产量增加 8.2%。施肥深度对千粒重和空秆率影响不明显,适当深施肥增加单位粒数,从而明显提高了玉米产量,种下施肥(15 cm)处理下产量提高最为显著。

表 1 施肥深度对产量的影响					
施肥深度 Fertilization depth	千粒重 1 000-grain weight//g	1 m ² 粒数 Number of grains 粒	空秆率 Vacancy rate %	产量 Yield kg/hm ²	增产率 Yield increase rate // %
H ₁ (5 cm)	366.9±19.5	1 766±372	1.70±0.52	22 800±235	—
H ₂ (15 cm)	370.5±17.8	2 128±409	1.70±0.50	26 630±256	16.8
H ₃ (25 cm)	368.6±13.4	1 823±367	1.70±0.54	24 670±243	8.2

3 结论与讨论

3.1 深施复合肥效果 深施复合肥可以促进玉米植株对氮、磷、钾等营养的吸收和利用,提高施肥效率,进而提高玉米生物产量。然而,也有研究发现施肥深度只促进作物生长发育,提高植株对营养的吸收,对产量无显著影响^[20-22]。

该试验设计施肥不同深度(5、15、25 cm)处理,通过分析不同处理下叶面积指数、干物质、单位面积粒数等性状,结果表明适当深施肥处理可促进叶面积生长、增加干物质积累和单位面积粒数,说明深施复合肥可以促进玉米植株对氮、磷、钾等营养的吸收和利用,提高肥效,进而提高玉米生物产量。这与 Schwab 等^[17]、赵亚丽等^[16]、薛兵东等^[23]的研究结果相一致。王宜伦等^[24]研究表明,豫北平原土壤有效磷含量普遍较低,玉米磷肥深施的增产效果非常显著,认为玉米田肥料深施后,肥料在土壤中的分布与玉米根系的生长特征有关,可提高主要要素的吸收和利用。

3.2 肥料施用深度 肥料施用深度与植株根系生长点的距离决定了根系能否与肥料接触、根系与肥料接触所需时间,进而影响植株对肥料的吸收^[25]。当肥料施用深度与根系生长点距离过大时,高活力根系吸收不到营养而降低功能。因此,把复合肥置于玉米植株根系密集区域,增加根系与土壤

肥料接触交汇,提高根系吸收率,促进产量增加。李士敏等^[5]认为,玉米施肥深度 20 cm 比 12 cm 的产量有所增加但未达显著水平。

该试验通过玉米田复合肥施肥不同深度试验,种下 15 cm 施肥时效果最好,与玉米主要功能根系匹配肥效率大幅度提升,从大喇叭口期开始叶面积显著增加,有效提高了光合作用率和功能期,后期加速了干物质累积量,并促进单位面积粒数,从而提高了玉米产量 16.8% 左右。这与赵亚丽等^[16]和薛兵东等^[23]的研究结果一致,都认为玉米深施 15 cm 产量表现最佳。

参考文献

[1] 徐桂玲,郝建平.氮肥施入深度对玉米产量效应的研究[J].山西农业大学学报,1984,4(1):48-55,47.

[2] 鲁如坤.土壤—植物营养学原理和施肥[M].北京:化学工业出版社,1998:49-52.

[3] 章爱群,贺立源,门玉英,等.磷水平对不同耐低磷玉米基因型幼苗生长和养分吸收的影响[J].应用与环境生物学报,2008,14(3):347-350.

[4] 李文娟,何萍,高强,等.不同氮效率玉米干物质形成及氮素营养特性差异研究[J].植物营养与肥科学报,2010,16(1):51-57.

[5] 李士敏,张书华,朱红.尿素深施对作物产量及氮素利用率影响效果浅析[J].耕作与栽培,1999(5):52-53,62.

[6] 于晓芳,高聚林,叶君,等.深松及氮肥深施对超高产春玉米根系生长、产量及氮肥利用效率的影响[J].玉米科学,2013,21(1):114-119.

[7] 杨云马,孙彦铭,贾良良,等.氮肥基施深度对夏玉米产量、氮素利用及氮残留的影响[J].植物营养与肥科学报,2016,22(3):830-837.

[8] 王西娜,王朝辉,李生秀.施氮量对夏季玉米产量及土壤水氮动态的影响[J].生态学报,2007,27(1):197-204.

[9] 关霞.氮肥机械深施技术对玉米的增产效果探析[J].现代农业科技,2017(13):59.

[10] 李振,宋秋来,闫超,等.种肥深度对东北北部春玉米氮磷钾吸收及产量的影响[J].玉米科学,2014,22(4):132-136.

(上接第 110 页)

订和完善评价体系,以建立完善的古树名木评价体系,更客观地认识古树名木的价值,为当地古树名木的保护和管理提供有力的参考。古树保护任重道远,既需要人力物力,也需要科学方法的指导。下一步将加强对古树的观察和精心管理,继续探索适合公园古树复壮保护的科学方法。另外,建议相关管理单位重视古树名木保护工作,根据具体情况制定保护本地区古树名木的地方性标准,加强对本地区古树名木的保护。同时不断修订和完善评价体系,以建立完善的古树名木评价体系,更客观地认识古树名木的价值,为当地古树名木的保护和管理提供有力的参考。

参考文献

[1] 国家绿化委员会,国家林业局.全国古树名木普查建档技术规定[A].2001.

[2] 山东省人民政府.山东省古树名木保护办法:省政府令第 316 号[A].2018-04-26.

[3] 谢媛媛,吴海龙,黄灏峰,等.北京古树健康评价[J].林业资源管理,2012(6):71-75.

[4] 余金良,章银柯,朱炜.杭州西湖风景名胜区分区古树名木保护现状及前景探讨[J].山东林业科技,2010,40(3):118-121.

[5] 方莺.福州市古树名木资源及保护措施探讨[J].林业勘察设计,2018,38(3):70-72.

[6] 王文英.万户古银杏衰老特征及嫁接复壮技术[J].山东林业科技,2017,

[11] 董静,李絮花.不同施肥处理对冬小麦—夏玉米产量及肥料效益的影响[J].安徽农业科学,2013,41(22):9295-9296,9406.

[12] FUSSEDER A.The longevity and activity of the primary root of maize[J].Plant and soil,1987,101(2):257-265.

[13] 刘晶淼,安顺清,廖荣伟,等.玉米根系在土壤剖面中的分布研究[J].中国生态农业学报,2009,17(3):517-521.

[14] 刘威,周剑雄,谢媛圆,等.控释尿素条施深度对鲜食玉米田间氮挥发和氮肥利用率的影响[J].应用生态学报,2019,30(4):1295-1302.

[15] 陈学留,朱献猷,刘益同.玉米根系对磷肥的吸收利用研究[J].核农学报,1986(2):29-33.

[16] 赵亚丽,杨春收,王群,等.磷肥施用深度对夏玉米产量和养分吸收的影响[J].中国农业科学,2010,43(23):4805-4813.

[17] SCHWAB G J,WHITNEY D A,KILGORE G L,et al.Tillage and phosphorus management effects on crop production in soils with phosphorus stratification[J].Agronomy journal,2006,98(3):430-435.

[18] MALLARINO A P,BORDOLI J M,BORGES R.Phosphorus and potassium placement effects on early growth and nutrient uptake of no-till corn and relationships with grain yield[J].Agronomy journal,1999,91(1):37-45.

[19] MALLARINO A P,WEBB J R,BLACKMER A M.Corn and soybean yields during 11 years of phosphorus and potassium fertilization on a high-testing soil[J].Journal of production agriculture,1991,4(3):312-316.

[20] BORGES R,MALLARINO A P.Grain yield,early growth,and nutrient uptake of no-till soybean as affected by phosphorus and potassium placement[J].Agronomy journal,2000,92(2):380-388.

[21] BORGES R,MALLARINO A P.Broadcast and deep-band placement of phosphorus and potassium for soybean managed with ridge tillage[J].Soil science society of American journal,2003,67(6):1920-1927.

[22] JARVIS R J,BOLLAND M D A.Placing superphosphate at different depths in the soil changes its effectiveness for wheat and lupin production[J].Fertilizer research,1990,22(2):97-107.

[23] 薛兵东,张丽丽,樊叶,等.辽东地区肥料深施对不同密度玉米产量的影响[J].辽宁农业科学,2021(1):74-76.

[24] 王宜伦,苗玉红,谭金芳,等.豫北平原土壤养分与施肥状况探析[J].中国农学通报,2008,24(10):296-299.

[25] RUSSELL R S,ELLIS F B.Estimation of the distribution of plant roots in soil[J].Nature,1968,217(5128):582-583.

[1] 徐炜.古树名木价值评估标准的探讨[J].华南热带农业大学学报,2005(1):66-69.

[2] 沈启昌.古树名木林木价值评估探讨[J].绿色财会,2006(1):39-41.

[3] JIM C Y.Formulaic expert method to integrate evaluation and valuation of heritage trees in compact city[J].Environmental monitoring and assessment,2006,116(1/2/3):53-80.

[4] 江荣生,曾启鸿,杨晓晶,等.古树名木旅游资源评价体系研究[J].林业经济问题,2008,28(6):497-500.

[5] 王晓英,陶娟,冯殿齐,等.泰山古树衰弱死亡原因及保护措施[J].中国城市林业,2012,10(5):44-47.

[6] 晁永娟.渥源县古树调查评价及保护对策研究[J].宁夏农林科技,2019,60(4):41-42,45.

[7] 仇建习,吕贤良,吴彬,等.蓬都区古树名木资源现状分析与评价[J].福建林业科技,2019,46(3):123-129.

[8] 李永良.青海省乐都区古树名木资源调查与评价[J].安徽农业科学,2019,47(12):132-133.

[9] 余峰,盛卫星,许在恩,等.建德市名木古树资源调查及评价分析[J].现代农业科技,2020(8):163-164,169.

[10] 殷立新,李冬,张艳芳,等.江西梅岭国家森林公园古树名木的健康评价[J].生物灾害科学,2020,43(1):66-71.

[11] 张富强.民和县古树名木资源调查评价及保护对策[J].林业调查规划,2019,44(5):186-189.

[12] 王亚洲.许昌市古树名木现状资源调查与综合评价[D].洛阳:河南科技大学,2020.

[13] 张延兴,林严华,叶淑英,等.莱芜市古树名木评价及分级保护研究[J].山东农业科学,2008,40(4):76-79.

[14] 焦传兵,臧德奎,任莹,等.崂山古树名木调查、评价及分级保护[J].山东农业科学,2014,46(1):80-85.