

栽培模式对湖南春玉米产量形成和氮素利用的影响

李涵 汤彬 郭欢乐 曹钟洋 陈松林 陈志辉 曾强¹

(湖南省作物研究所, 长沙 410125)

【摘要】:为研究不同栽培模式对湖南春玉米产量、干物质积累、灌浆特性和氮素利用的影响,于2017年在长沙以登海605为供试品种,设置基础地力产量(FP)、农户产量(PP)、高产高效产量(HY)和高产记录产量(SHY)4种栽培模式进行试验。结果表明,不同栽培模式之间产量差异显著,FP、PP、HY、SHY产量分别达到435930、656586、758631、974868kg/hm²。与FP相比,PP、HY、SHY提高了玉米干物质积累量、氮素积累量和叶面积指数,延长了灌浆活跃期。PP处理氮素农学利用率、氮素偏生产力最高,SHY处理的氮肥当季回收率最高,说明通过对种植密度、施肥量和追肥方式等栽培技术集成与优化,可提高春玉米产量。

【关键词】:春玉米 栽培 产量 灌浆特性 氮 湖南

【中图分类号】:S513048 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1001-5280(2020)01-0027-05

玉米是我国重要的粮食作物、经济作物和饲料作物^[1,2]。随着优良玉米品种和高产栽培技术的应用,化肥的大量投入,尤其是氮肥的施用,使玉米单产显著提高^[3]。但在玉米生产中,施肥时期不合理及施肥方式粗放等现象致使肥料利用率较低,土壤中养分残留增加,玉米生长发育受到胁迫,引发了很多生态环境问题^[4,5]。因此,采用合理的栽培方式,结合优化施肥管理是提高玉米产量和养分利用,实现农业生产绿色可持续发展的重要途径。

玉米是湖南省第一大旱粮作物,而湖南省玉米生产自给率仅50%,是全国玉米主销区之一。在玉米实际生产过程中受种植密度较低、施肥方式不合理、高温等因素影响,致使目前该区域实际产量与潜在产量仍然存在较大差距。研究表明,品种^[6]、种植密度^[7]、肥料种类及用量^[8,9]、播种时间^[10,11]和耕作方式^[12]等综合作用对玉米干物质积累、灌浆速率^[13]、养分吸收等产生影响,最终影响产量形成。为此,笔者在广泛调研湖南省春玉米种植区域农民习惯种植方式的基础上,通过对种植方式、种植密度、施肥量和追肥方式等多因素栽培技术集成与优化,比较分析不同栽培模式对湖南春玉米产量形成和氮素利用的影响,以期为本区域春玉米高产高效栽培提供理论依据。

1 材料与amp;方法

作者简介:李涵(1987-),女,助理研究员,博士,主要从事玉米栽培研究,Email:lhlihan001@163.com。通信作者:陈志辉,研究员,博士,主要从事玉米育种与栽培研究,Email:czhui2008@163.com。

基金项目:国家重点研发计划(2016YFD0300109;2016YFD0300308;2018YFD0100102);国家现代农业产业技术体系项目(CARS-02);湖南省自然科学基金(2018JJ3320);湖南省科技创新专项(镉污染种植玉米安全性评价)。

1.1 试验区概况

试验于2017年在湖南省作物研究所试验基地(2820° N, 11309° E, 海拔41m)进行。当地属于亚热带季风性湿润气候,年平均气温172℃,年均降水量13616mm。试验地土壤为黄棕壤,0~20cm土壤平均有机质含量22g/kg、全氮136g/kg、碱解氮97mg/kg、有效磷916mg/kg、速效钾237mg/kg。

1.2 田间试验与管理

供试玉米品种为登海605。试验设置基础地力产量(FP)、农户产量(PP)、高产高效产量(HY)和高产记录产量(SHY)4个栽培模式。FP和PP模式等行距种植(60cm+60cm,株距27cm),HY和SHY模式宽窄行种植(80cm+40cm,株距分别为22cm和18cm),SHY模式覆膜种植,其它模式均不覆膜。各模式氮肥各时期分配比例:PP模式基施60%,大喇叭口期点施40%;HY模式基施50%,拔节期沟施20%,大喇叭口期沟施30%;SHY模式基施40%,拔节期穴施20%,大喇叭口期穴施30%,抽雄吐丝期穴施10%。磷肥、钾肥、硫酸锌和有机肥均作为底肥一次施入。试验设置3次重复,小区面积48m²。玉米于3月26日播种,7月28日收获。试验中所用氮肥为尿素(467%)、磷肥为钙镁磷肥(12%)、钾肥为氯化钾(60%),然后按纯N、P205、K2O计算肥料用量。

(1) 植株干物质积累、叶面积指数和氮素含量。在玉米拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆期和成熟期采集植株样3株,利用长宽系数法测定植株叶面积,计算叶面积指数。在成熟期将植株样品分为秸秆和籽粒两部分。所有植株样品放入干燥箱105℃下杀青30min后,80℃烘干至恒量,称重并计算干物质积累量。植株样品经H2SO4-H2O2体系消煮后,采用凯氏定氮仪测定氮素含量。

(2) 籽粒灌浆测定。吐丝期在各处理随机选取同一天吐丝的植株50株进行人工授粉并标记,在吐丝后6d开始,每隔6d采集各处理标记植株果穗3个,取果穗中部籽粒100粒称取干重。用Logistics方程 $y=a/(1+be^{-cx})$ 模拟籽粒灌浆过程,其中a为终极生长量;b为初值参数,c为生长速率参数,得到以下灌浆特征参数,即Tmax为灌浆速率最大时的日期;Wmax为灌浆速率最大时的生长量;Gmax为最大灌浆速率,P为籽粒灌浆活跃期。

(3) 产量及产量构成。成熟期在小区中避开取样较多区域选取12m²的玉米全部收获,晾晒后进行测产和考种,其中籽粒含水量全部折算成14%。

1.4 数据处理与分析方法 植株氮素积累量(kg/hm²)=成熟期植株干物质质量(kg/hm²)×成熟期植株含氮量(%)

氮肥当季回收率(REN,%)=(收获期施氮区地上部总吸氮量-收获期不施氮区地上部总吸氮量)/氮肥施用量×100

氮肥农学效率(AEN,kg/kg)=(施氮区玉米产量-不施氮区玉米产量)/氮肥施用量
氮肥偏生产力(PFPN,kg/kg)=施氮区产量/氮肥施用量

采用Microsoft Excel 2003和SPSS 18.0软件处理和分析数据。

2. 结果与分析

2.1 不同栽培模式对春玉米产量构成的影响

不同栽培模式间千粒重差异不显著,实收穗数和穗粒数的增加可能是形成产量差异的主要原因。FP、PP、HY、SHY产量分别达到435930、656586、758631、974868kg/hm²,与FP模式相比,PP、HY和SHY处理产量分别显著提高了051、074和124倍。穗粒数以SHY处理最高,各处理均与FP处理差异显著。千粒重表现为FP>SHY>HY>PP,但无显著差异。

2.2不同栽培管理模式春玉米干物质积累和叶面积指数动态分析

由图 1 可见,随着玉米生育时期的推移,不同栽培模式下干物质积累量逐渐增加,各生育时期干物质积累量均表现为 SHY>HY>PP>FP,大喇叭口期前各处理间干物质积累量差异较小,从抽雄吐丝期开始,SHY 和 HY 处理干物质质量较 FP 处理显著提高。成熟期 PP、HY 和 SHY 处理干物质质量较 FP 处理分别提高了 1121%、5776%和 10638%。不同栽培模式的叶面积指数均在抽雄吐丝期达到最高值,之后呈现下降趋势。SHY 处理全生育期叶面积指数均显著高于 FP 处理。从吐丝期到成熟期, HY、SHY 处理叶面积指数下降幅度分别为 9510%、7254%,而 PP、FP 处理下降幅度分别为 10371%、10042%。这说明生育后期维持较大的干物质积累优势和较高的叶面积指数能够增加获得较高玉米产量的可能性。

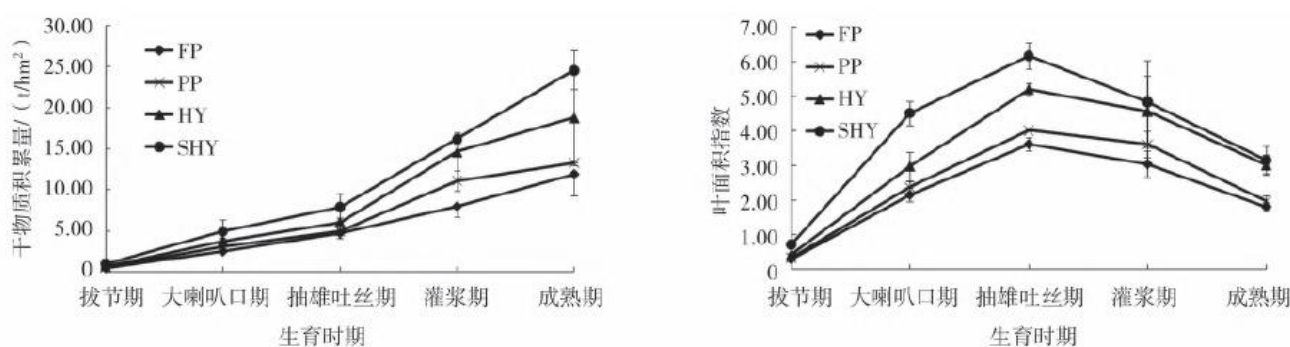


图 1 不同栽培管理模式春玉米干物质积累和叶面积指数动态

2.3不同栽培管理模式对春玉米籽粒灌浆特性的影响

可以看出,运用Logistic模型可以较好地模拟籽粒灌浆过程,决定系数 r 均在0.99以上。FP、PP、HY、SHY处理的灌浆速率最大时的日期(T_{max})分别为吐丝后3346、3268、3363、3127d,其中SHY处理出现最早,较FP提早219d。不同处理的 W_{max} 和 G_{max} 存在差异,以HY处理的最高。PP、HY、SHY处理灌浆活跃期 P 均比FP处理长。

2.4不同栽培管理模式对春玉米氮素利用率的影响

不同栽培模式下完熟期氮素积累量和籽粒氮素积累量均表现为SHY>HY>PP>FP,SHY、HY处理氮素积累量显著高于FP、PP处理,PP与FP差异不显著。氮素收获指数以SHY处理最低,SHY与HY间无显著差异。氮素当季回收率表现为SHY>HY>PP,各处理间差异不显著。氮素农学利用率和氮素偏生产力均表现为PP处理的最高。

3. 结论与讨论

增穗增粒扩大库容是玉米产量提升的有效途径。从本试验结果的产量构成看,实收穗数和穗粒数是影响产量形成的重要因素。盛耀辉等^[14]研究认为,适当增加种植密度,保证足够的收获穗数,是实现玉米产量提高的关键措施。张仁和等^[15]和Tollenaar等^[16]研究表明,单位面积穗粒数的增加提高了玉米产量。本研究表明,在优化栽培技术条件下,玉米产量水平不断提高,与FP模式相比,PP、HY和SHY处理产量分别显著提高了051、074和124倍。从干物质积累来看,本研究中各生育时期干物质积累量均表现为SHY>HY>PP>FP,抽雄吐丝期后,SHY处理均显著高于FP处理,可见高产玉米生育后期具有较大的干物质积累优势,这与吴春胜^[17]的研究结果一致。

灌浆时间长短和灌浆速率是影响玉米籽粒产量形成的重要过程,籽粒灌浆与种植密度、养分、耕作措施、环境条件等具有相关

性^[18~22]。不同栽培模式对春玉米的籽粒灌浆速率和灌浆持续时间均有影响^[13]，随着种植密度增加，籽粒灌浆速率减缓，达到最大灌浆速率的天数提前，灌浆持续时间缩短^[23]。本研究表明，SHY 处理灌浆速率最大时的日期(T_{max})为吐丝后 3127d, 较 FP 提早 219d, 不同处理的 W_{max} 和 G_{max} 存在差异性, 以 HY 处理的最高, SHY 处理的最低, 说明种植密度的增加会减缓籽粒灌浆速率, 这与前人研究结果一致。此外, 有研究表明玉米花后绿叶持续期长, 光合效率高更有利于产量形成^[24]。本研究发现, 不同栽培模式均较 FP 处理的叶面积指数有所提高且衰落慢, 改善了玉米叶片光合性能, 为玉米籽粒灌浆提供了充足的光合同化产物, 延长了玉米籽粒的灌浆活跃期。

选择适宜的氮肥和恰当的施用方法, 是协调氮素供应与作物吸收、减少氮素损失、提高氮肥利用率以及减少面源污染的重要途径^[25, 26]。植株在生育后期所吸收的氮素被分配到籽粒中的比例很高, 对产量高低起到决定性的作用。本研究表明, 所有处理氮素积累量和分配到籽粒中的氮素量均高于FP处理, 氮素农学利用率、氮素偏生产力均以PP处理最高, 但SHY处理的氮肥当季回收率是最高的。HY模式的氮素农学利用率最低, 可能主要是因为氮肥过量施用所致, 应当结合生产实际, 酌量减少氮肥的用量, 并优化氮磷钾配施比例。

在一定程度上, 增加种植密度可以有效补偿因单株产量降低而造成的产量损失, 并达到提升玉米群体产量的效果^[27~29]。采用适宜的栽培措施优化群体结构, 弱化群体内部竞争, 提高群体抗逆性及环境适应性, 已成为目前玉米高产高效的重要途径^[30, 31]。湖南省春玉米生长前期阴雨寡照、后期阶段性干旱和高温胁迫等风险频发致使玉米单产水平较低。在湖南玉米生产中, 增加密度和加强养分管理是保证玉米产量的关键措施。本试验中高产高效(HY)和超高产(SHY)模式获得的产量较高, 但氮肥利用率较低, 增加了肥料面源污染的可能性, 因此, 如何在湖南地区优化配置氮肥、密度等因素, 提高本区玉米产量和资源效率仍需深入研究。

参考文献:

- [1] 岳海旺, 卜俊周, 陈淑萍, 等河北省低平原区不同夏玉米品种灌浆、脱水、子粒机收特性的研究[J] 玉米科学, 2018, 26(1): 50-55
- [2] 陆魁东, 黄晚华, 方丽, 等气象灾害指标在湖南春玉米种植区划中的应用[J] 应用气象学报, 2007(4): 548-554
- [3] 张福锁, 王激清, 张卫峰, 等中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J] 土壤学报, 2008(5): 915-924
- [4] 巨晓棠, 谷保静我国农田氮肥施用现状、问题及趋势[J] 植物营养与肥料学报, 2014, 20(4): 783-795
- [5] 罗照霞, 雷建明, 马忠明, 等不同农作措施对黄绵土坡耕地玉米产量及养分吸收的影响[J] 西北农业学报, 2018, 27(6): 796-801
- [6] 戴明宏, 赵久然, 杨国航, 等不同生态区和不同品种玉米的源库关系及碳氮代谢[J] 中国农业科学, 2011, 44(8): 1585-1595
- [7] 李炳昊, 徐幸, 谷岩, 等密度对不同品种玉米产量及其农艺性状的影响[J] 玉米科学, 2019, 27(1): 92-96
- [8] 江丽华, 谭德水, 李子双, 等黄淮海平原夏玉米一次性施肥肥料产品的筛选与产量效应[J] 中国农业科学, 2018, 51(20): 3876-3886
- [9] 魏淑丽, 王志刚, 于晓芳, 等施氮量和密度互作对玉米产量和氮肥利用效率的影响[J] 植物营养与肥料学报, 2019, 25(3): 382-391

-
- [10]徐田军,吕天放,陈传永,等播期对玉米干物质积累转运和籽粒灌浆特性的影响[J]中国农业科技导报,2016,18(6):112-118
- [11]宫秀杰,钱春荣,于洋,等不同播期对春玉米产量及产量构成的影响[J]玉米科学,2018,27(3):108-113
- [12]冯艳春,罗洋,李瑞平,等耕作方式对玉米出苗率、干物质积累及产量的影响[J]玉米科学,2018,26(5):85-90
- [13]李晶,李文龙,顾万荣,等不同栽培模式对春玉米茎秆特性、籽粒灌浆及产量的影响[J]东北农业大学学报,2018,49(8):24-31
- [14]盛耀辉,王庆祥,齐华,等种植密度和氮肥水平对春玉米产量及氮素效率的影响[J]作物杂志,2010(6):58-61
- [15]张仁和,王博新,杨永红,等陕西灌区高产春玉米物质生产与氮素积累特性[J]中国农业科学,2017,50(12):2238-2246
- [16]Tollenaar M, Lee EA Dissection of physiological process underlying grain yield in maize by examining genetic improvement and heterosis [J] Maydica, 2006, 51:399-408
- [17]吴春胜超高产玉米灌浆速率与干物质积累特性研究[J]吉林农业大学学报,2008(4):382-385,400
- [18]张倩,宋希云,姜雯种植方式和密度对夏玉米籽粒灌浆特征的影响[J]玉米科学,2014,22(3):91-97
- [19]李晓龙,白云龙,闫东,等不同水肥管理方式对春玉米籽粒灌浆特性、氮素利用及产量的影响[J]华北农学报,2017,32(3):182-187
- [20]高玉红,吴兵,姜寒玉,等覆膜时期对全膜双垄沟播玉米籽粒灌浆特性的影响[J]干旱地区农业研究,2015,33(4):30-35,40
- [21]张吉旺,董树亭,王空军,等遮荫对夏玉米产量及生长发育的影响[J]应用生态学报,2006(4):4657-4662
- [22]王晓慧,张磊,刘双利,等不同熟期春玉米品种的籽粒灌浆特性[J]中国农业科学,2014,47(18):3557-3565
- [23]刘娟,董树亭,刘鹏,等增密与施氮对不同耐密型玉米产量及籽粒灌浆特性的影响[J]山东农业科学,2017,49(1):38-47
- [24]He P,Osaki M,Takebe M,et al Changes of photosynthetic characteristics in relation to leaf senescence in two maize hybrids with different senescent appearance [J] Photosynthetica, 2002,40(4):547-552
- [25]王进军,柯福来,白鸥,等不同施氮方式对玉米干物质积累及产量的影响[J]沈阳农业大学学报,2008(4):392-395
- [26]尹彩侠,刘宏伟,孔丽丽,等控释氮肥对春玉米干物质积累、氮素吸收及产量的影响[J]玉米科学,2014,22(6):108-113
- [27]杨锦忠,陈明利,张洪生中国1950s到2000s玉米产量-密度关系的Meta分析[J]中国农业科学,2013,46(17):3562-3570
- [28]Tokatlidis IS, Has V, Melidis V, et al Maize hybrids less dependent on high plant densities improve resource

use efficiency in rainfed and irrigated conditions [J] Field Crops Research, 2011, 120 (3): 345-351

[29] 王志刚, 高聚林, 张宝林, 等内蒙古平原灌区高产春玉米(15t/hm²以上)产量性能及增产途径[J]作物学报, 2012, 38 (7):1318-1327

[30] Jin L, Cui H, Li B, et al Effects of integrated agronomic management practices on yield and nitrogen efficiency of summer maize in North China [J] Field Crops Research, 2012, 134:30-35

[31] 薛吉全, 张仁和, 马国胜, 等种植密度、氮肥和水分胁迫对玉米产量形成的影响[J]作物学报, 2010, 36 (6) : 1022-1029