

种植密度与施氮量对玉米顺单6号 干物质积累量及产量的影响

曹家洪 陈维俞 玮
(贵州省安顺市农业科学院, 安顺 561000)

摘要:为探究玉米品种顺单6号的适宜种植密度及施氮量,设置3个种植密度和4个施氮水平,采用随机区组设计,研究不同密度及施氮量对顺单6号叶面积、干物质积累、穗部性状及产量的影响。结果表明,当种植密度与施氮量分别为60000株/hm²与210kg/hm²时,玉米干物质积累量最大,叶面积及叶面积指数大小适宜,千粒重较大,产量最高,为10547.06kg/hm²。综合分析认为玉米品种顺单6号在贵州安顺地区适宜种植密度和施氮量分别为60000株/hm²与210kg/hm²。

关键词:种植密度;施氮量;玉米;干物质积累量;产量

玉米是世界上最为重要的粮食作物之一,随着畜牧业、加工业以及绿色能源产业的发展,玉米也成为重要的饲料、加工和能源原料作物^[1]。适宜的种植密度与施氮量是提高玉米籽粒产量的有效栽培途径^[2]。玉米产量随施氮量及密度的增加呈现先升高后降低的趋势,适宜的种植密度与相应的施氮量有利于产量的提高,但超过一定的范围产量则会降低^[3]。有研究指出,干物质积累量在一定范围内与产量呈正相关,群体干物质积累量决定作物产量^[4]。增加种植密度和氮肥施用,玉米群体干物质积累量显著增加^[5],但施氮过量则降低。不同基因型玉米

品种对种植密度与施氮量的响应不同,前人研究主要集中在单因素对干物质积累量及产量的影响。自2008年顺单6号通过品种审定以来,推广面积逐年增大,但尚未对其进行系统的种植密度与施氮量相关研究,导致顺单6号的产量潜力未能得到充分发挥。为了进一步挖掘顺单6号的产量潜力,提高种植效益,通过设置不同的种植密度和施氮水平,研究其对玉米品种顺单6号干物质积累量及产量的影响,旨在探明顺单6号在贵州安顺地区适宜的种植密度及氮肥施用量,为当地玉米高产高效生产提供技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验地概况 供试玉米品种为顺

基金项目:山区玉米育种实验平台建设(黔科合条中补地(2015)4004号)

参考文献

- [1] 王慧君. 枣仁产新走快价浮丹皮上市价格下调. 全国药材信息, 2012(26): 9-10
- [2] 杜晨晖, 崔小芳, 裴香萍, 闫艳, 秦雪梅. 酸枣仁皂苷类成分及其对神经系统作用研究进展. 中草药, 2019, 50(5): 1258-1268
- [3] 王文龙, 云月英. 药食同源之酸枣仁. 农产品加工, 2009(2): 67-70
- [4] 魏建和, 陈士林, 程惠珍, 李梅君, 杨成民. 中药材种子种苗标准化工程. 世界科学技术, 2005, 7(6): 104-108
- [5] 全国农作物种子标准化技术委员会, 全国农业技术推广服务中心. GB/T 3543.1-3543.7-1995《农作物种子检验规程》. 北京: 中国标准出版社, 1995
- [6] 王僧虎, 石晓云. 酸枣仁的等级划分及制作方法研究. 安徽农业科学, 2012, 40(15): 8480-8482
- [7] 王媛媛, 彭亮, 肖建玮, 高萌, 雷瑞祥, 张华, 杨凡, 胡本祥. 远志种子质量分级标准考察. 中国实验方剂学杂志, 2018, 24(17): 33-41
- [8] 杨成民, 张争, 魏建和, 隋春, 李娟, 褚庆龙. 桔梗种子质量分级标准研究. 中药材, 2012, 5(23): 679-682
- [9] 孙丽娜, 严一字, 吴基日, 吴松权. 市场上流通桔梗种子的质量分析. 中国种业, 2005(12): 47-48
- [10] 武延生. 抢青对酸枣生物量积累的变化研究. 北方园艺, 2013(6): 31-32
- [11] 杨艳芳, 付尧, 魏建和, 刘忠玲. 不同含水量对柴胡种子活力的影响. 种子, 2009, 28(4): 41-45

(收稿日期: 2020-10-30)

单6号,该品种是贵州省安顺市农业科学院以自选系AS-902为母本、AS-1043为父本组配的高产、优质、耐密、多抗的玉米杂交种,2008年通过贵州省农作物品种审定委员会审定,审定编号:黔审玉2008013-3。试验于2019年5-10月在贵州省安顺市普定县白岩镇十二营村进行,此地海拔1350m,年平均气温15.1℃,年平均日照时数为1202h,年降水量1369.6mm,全年无霜期289d。

1.2 试验设计 试验采用密度×氮肥2因素随机区组设计。设置3个种植密度,分别为45000株/hm²(D1)、60000株/hm²(D2)和75000株/hm²(D3);设置4个施氮量,分别为70kg/hm²(N1)、140kg/hm²(N2)、210kg/hm²(N3)和280kg/hm²(N4),3次重复,12个处理,36个小区,每小区面积30m²(5m×6m)。种植按60cm等行距种植。

基肥使用复合肥,播种时一次性施入100kg/hm²。种肥氮肥按各处理施氮量的40%施入,结合中耕除草2次,拔节期与大喇叭口期均按氮肥处理的30%分别施入作追肥,施肥方法采用穴施。病虫害防治,出苗期用辛硫磷防治地老虎,从苗期开始,视草地贪夜蛾发生情况,每隔7d左右用四氯虫酰胺和氯虫苯甲酰胺交替使用防治。

1.3 测定项目及方法 叶面积和叶面积指数(LAI) 每小区选取长势均匀一致的3株植株,用卷尺测量绿叶面积的长和宽,叶面积=长×宽×0.75,叶面积指数(LAI)=单位叶面积/单位土地面积。

单株干物质积累量 每小区选取长势均匀一致的3株植株,取样剪短放入纸袋,再用烘箱杀青烘至恒重后称重,计算出每hm²干物质积累量。

产量及穗部性状 玉米成熟后,每小区随机选取10个果穗,晾晒至安全含水量(14%)后进行室内考种,考种内容包括穗长、穗粗、秃尖长、穗行数、行粒数、穗重、千粒重等,收获后实收计产。

1.4 数据处理 采用Excel 2009进行数据处理及作图,DPS软件进行数据统计与分析。

2 结果与分析

2.1 种植密度与施氮量对玉米叶面积及叶面积指数的影响 由图1、图2可以看出,顺单6号的单株叶面积和叶面积指数(LAI)在不同的种植密度下均随施氮量的增加而升高,N1处理的叶面积和LAI均低于其他施氮量处理。

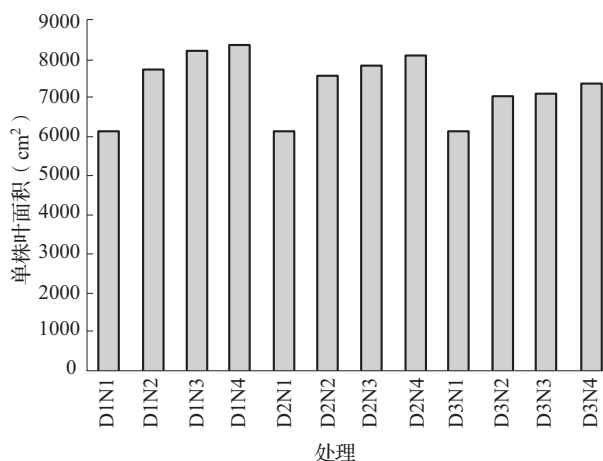


图1 不同处理下的单株叶面积

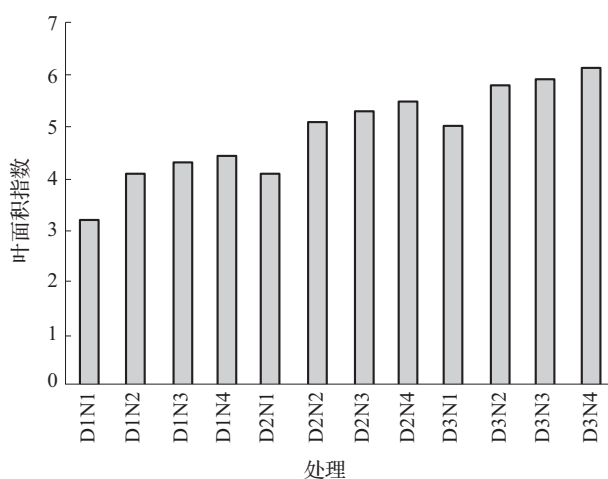


图2 不同处理下的叶面积指数(LAI)

在密度为D1、D2、D3时,单株叶面积与LAI均表现为N4>N3>N2>N1,说明相同密度条件下,单株叶面积与LAI随着氮肥施用量的增加而增加。相同施氮量条件下,单株叶面积随着密度的增加而降低,均表现为D1>D2>D3;LAI随着密度的增加而升高,均表现为D1<D2<D3。在氮肥、密度互作的情况下,单株叶面积表现为D1N4最大,LAI表现为D3N4最大。说明在降低密度、增加施氮量条件下,玉米单株能有效利用光能及氮肥,促进叶面积的增加;就玉米群体而言,增加密度及施氮量,单株叶面积降低,但LAI增加。

2.2 种植密度与施氮量对玉米干物质积累量的影响 由图3、图4可知,不同密度、施氮量处理对玉米干物质积累量有不同的影响,从吐丝期到成熟期,干物质积累量逐渐增大。在吐丝期,随着施氮量的增加,干物质积累量不断增加,在D1处理条件下,

干物质积累量表现为 $N_4 > N_3 > N_2 > N_1$, 在 D2、D3 处理条件下, 干物质积累量表现为 $N_3 > N_4 > N_2 > N_1$; 在 N1、N2 处理条件下, 随着密度增加干物质积累量逐渐增加, 但处理间差异不显著, 在 N3、N4 处理条件下, 随着密度增加, 干物质积累量先增加后减小, 处理间差异不显著, 在 D2 处理条件下达最大值。种植密度与施氮量互作条件下, D2N3 处理下干物质积累量最大。

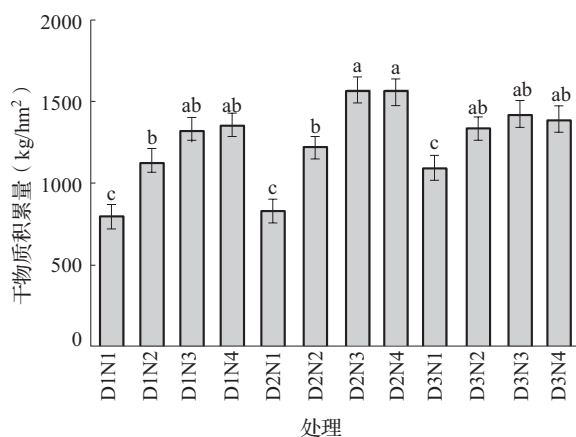


图3 吐丝期不同处理下干物质积累量

成熟期在 D1、D2 密度条件下, 随着施氮量的增加, N1 处理下干物质积累量均显著低于其他 3 个处理, 在 D3 密度条件下, 随着施氮量的增加, 干物质积累量表现为增加趋势, 但差异不显著; 在 N1 处理条件下, 随着密度增加干物质积累量逐渐增加但差异不显著, 在 N2、N3 处理条件下, 随着密度增加, 干物质积累量先增加后减小但差异不显著, 在

D2 处理下达最大值。在种植密度与施氮量互作条件下, D2N3 处理下的干物质积累量最大, 说明增加种植密度与施氮量, 在一定范围内 (D2: 60000 株/hm², N3: 210kg/hm²) 能增加玉米群体干物质积累量, 超过一定范围干物质积累量降低。

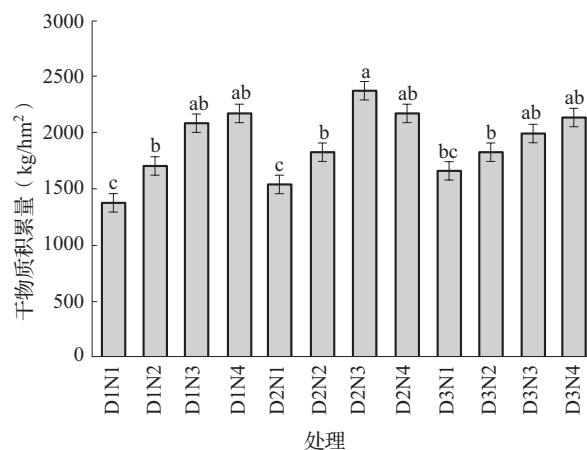


图4 成熟期不同处理下干物质积累量

2.3 种植密度与施氮量对产量性状及产量的影响

从表 1 可知, 不同的密度、施氮量处理对玉米品种顺单 6 号的穗长与穗粒数影响不显著, D3N1 处理的穗长最小。对穗粗、秃尖长、千粒重与产量有不同程度的影响, D3N3 的穗粗值最大, 为 5.10cm, 与 D1N1、D2N1 处理下的差异显著; D1N4 处理下千粒重最大, 为 437.71g, 与 D1N1、D3N1 处理下差异显著; D2N1、D1N3、D3N3 处理的秃尖长与 D2N2、D2N3 差异显著, 与其余各处理间差异不显著; 相同施氮量条件下, 在 N1 和 N2 时, 产量表现为 $D_3 > D_2 > D_1$, 在 N3 和 N4 时

表1 种植密度与施氮量对玉米穗部性状及产量的影响

| 处理 | 穗长 (cm) | 穗粗 (cm) | 秃尖长 (cm) | 穗粒数 | 千粒重 (g) | 产量 (kg/hm ²) |
|------|------------|------------|-------------|---------|------------|-----------------------------|
| D1N1 | 18.95a | 4.68c | 0.95ab | 631.50a | 341.79b | 4537.12h |
| D1N2 | 18.80a | 5.06ab | 0.89ab | 660.22a | 353.32ab | 7209.26f |
| D1N3 | 19.34a | 5.00abc | 1.06a | 639.12a | 356.14ab | 8585.83d |
| D1N4 | 20.01a | 5.01abc | 1.01ab | 639.40a | 437.71a | 8642.22d |
| D2N1 | 18.38a | 4.73bc | 1.08a | 623.50a | 347.19ab | 4874.69h |
| D2N2 | 19.52a | 5.08ab | 0.50b | 673.44a | 359.68ab | 7460.55f |
| D2N3 | 19.00a | 4.92abc | 0.46b | 676.77a | 427.35ab | 10547.06a |
| D2N4 | 19.73a | 5.08ab | 0.63ab | 691.90a | 366.76ab | 10023.58b |
| D3N1 | 17.94a | 4.85abc | 0.83ab | 634.13a | 338.71b | 6782.13g |
| D3N2 | 19.03a | 5.01abc | 0.65ab | 644.90a | 404.69ab | 8360.75e |
| D3N3 | 18.95a | 5.10a | 1.06a | 591.00a | 358.63ab | 9084.90c |
| D3N4 | 19.82a | 5.00abc | 0.73ab | 634.80a | 369.80ab | 8983.58c |

产量均表现为 $D2 > D3 > D1$; 在 $D1$ 处理条件下, 随着施氮量增加产量增大, 在 $D2$ 、 $D3$ 处理条件下, 随着施氮量的增加, 产量均表现为先增加后减小, $N1$ 处理均显著低于其他处理。在氮肥、密度互作的情况下, $D2N3$ 处理下的产量显著高于其他处理, 为 10547.06 kg/hm^2 。说明在一定范围内, 增加种植密度与施氮量能增加玉米产量, 是通过增加穗粗、穗粒数、千粒重与减小秃尖长来实现产量的增加。

3 讨论与结论

增加种植密度是提高玉米产量的重要途径, 在一定范围内提高种植密度是玉米高产栽培技术最为简单有效的方法^[6]。玉米合理密植一般来说是根据品种的特性、环境条件在单位土地面积上种植适合的株数, 使玉米在生育期内与环境统一, 最大地发挥其产量潜力。由于群体密度和氮的变化, 产量和产量性状之间存在着显著的差异^[7]。玉米产量的增加得益于种植密度及花后干物质的不断提高, 而这种提高必须依赖于合理的种植模式^[8]。玉米密植群体冠层光截获率的垂直分布, 随着群体内光截获率迅速下降^[9]。但密植能最大量地截获光能, 使更多的光能转化为光合产物, 最大限度提高群体产量。在产量构成因素方面, 合理密植可以使群体和个体生长发育更加协调, 解决穗数、粒数、粒重三者之间的矛盾。因为在较高生产力水平下穗数是最活跃的因素, 一定程度的增密即是最大限度地增加穗数并尽可能降低粒数和粒重损失, 从而使三者乘积最大而获得高产^[10]。但产量与密度并不是线性关系, 随着密度的增大, 单位面积上玉米的籽粒产量呈明显的增长, 但达到一定程度, 单位面积的玉米产量会随着密度增加而降低^[11]。本研究表明, 在每 hm^2 施氮量为 210 kg 、 280 kg 条件下, 玉米产量随着种植密度增加先增加后减小, 种植密度为 60000 株/hm^2 时, 产量达最大值, 这与已有研究结果基本一致。

玉米是一种氮肥施用量较大的高产作物, 施肥对产量的贡献一般比其他的作物要大。生产上玉米的投入偏高, 需肥量大, 产出效益偏低。有研究表明, 通过氮肥合理运筹可提高春玉米的产量、收益及肥料利用效率^[12]。通过建立模型解析, 确定了高海拔地区的最高产量施肥量、经济施肥量、合理施肥区、最佳配比线、高产施肥模式、高效低耗施肥模式和高产高效施肥模式^[13]。氮肥施用量并不是越高越好。

肖继兵等^[14]研究表明玉米群体产量随着施氮量的增加表现为先增加后减少的趋势。本研究表明, 当密度在 60000 株/hm^2 、 75000 株/hm^2 时, 随着施氮量的增加, 产量均表现为先增加后减少, 与肖继兵等研究结果相同。

当种植密度为 60000 株/hm^2 , 施氮量为 210 kg/hm^2 时, 玉米品种顺单 6 号干物质积累量最大, 叶面积及叶面积指数均保持较高水平, 产量达最大值, 为 10547.06 kg/hm^2 。综合分析认为玉米品种顺单 6 号在贵州安顺的适宜种植密度和施氮量分别为 60000 株/hm^2 与 210 kg/hm^2 。

参考文献

- [1] 赵久然, 王荣焕. 中国玉米生产发展历程、存在问题及对策. 中国农业科技导报, 2013, 15 (3): 1-6
- [2] 郭庆法, 王庆成, 汪黎明. 中国玉米栽培学. 上海: 上海科学技术出版社, 2004
- [3] 于洪彬. 密度与施肥量对玉米光合性能及产量的影响. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2016
- [4] 晁晓乐. 施氮对不同基因型玉米干物质积累和氮效率的影响. 太原: 太原理工大学, 2016
- [5] 高逊, 李春喜, 周宝元, 徐光武, 马玮, 赵明. 种植密度和施氮量耦合对夏玉米干物质积累及氮肥利用率的影响. 玉米科学, 2017, 25 (5): 105-111
- [6] 李娜. 不同种植密度对玉米生长发育及产量的影响. 哈尔滨: 东北农业大学, 2018
- [7] Alam M M, Basher M M, Karim A, Rahman M A. Effect of rate of nitrogen fertilizer and population density on the yield and yield attributes of maize (*Zea mays*). Pakistan Journal of Biological Sciences, 2003, 6 (20): 1770-1773
- [8] Chen X P, Cui Z L. Producing more grain with lower environmental costs. Nature, 2014, 514: 486-489
- [9] Tollenaar M, Lee E A. Yield potential, yield stability and stress tolerance in maize. Field Crops Research, 2002, 75 (2-3): 161-169
- [10] 杜天庆, 郝建平, 马磊磊, 郝科栋, 范龙秋, 邢江会, 李明. 密度与行距配置对耐密型春玉米农艺性状及产量的影响. 玉米科学, 2013, 21 (4): 101-106
- [11] 马兴林, 关义新, 逢焕成, 王庆祥, 凌碧莹. 种植密度对 3 个玉米杂交种产量及品质的影响. 玉米科学, 2005, 13 (3): 86-88
- [12] 谢佳贵. 黑土区春玉米营养特性及其高效施肥技术研究. 沈阳: 沈阳农业大学, 2013
- [13] 薛吉全, 马国胜, 路海东, 崔鸣, 李运方, 刘厚群. 秦巴高海拔山区春玉米高产高效施肥技术研究. 玉米科学, 2002, 10 (3): 78-81
- [14] 肖继兵, 孙占祥, 蒋春光, 郑家明, 冯良山, 杨宁, 白伟. 密度和施氮量对垄膜沟播春玉米干物质积累和产量的影响. 玉米科学, 2017, 25 (1): 98-106

(收稿日期: 2020-10-30)