

关于玉米种植密度的思考与讨论

马兴林¹, 徐安波¹, 杨久臣¹, 王传海¹, 李淑兰¹,
吴亚芝¹, 王立春², 关义新³

(1. 中国农业科学院作物科学研究所, 北京 100081; 2. 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所, 长春 130033;
3. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130102)

摘要: 基于前人的研究成果, 结合多年来开展的有关田间试验及生产调研工作, 对玉米种植密度及其相关问题进行分析与探讨。研究表明, 玉米不同性状对种植密度变化的响应存在明显差异, 一般越是发育与建成较晚的器官(性状)对密度变化的反应越是敏感。除了玉米品种本身耐密性等因素以外, 产量环境是种植密度高低的决定性因素。玉米品种的耐密性应从性状角度予以认识与评判, 抗倒伏性和结实性是评判品种耐密性最为重要的两个(类)性状。在玉米新组合初、中级测试时, 要设置尽可能偏高的密度。在新育成玉米品种推广之前, 应设置多环境×多密度互作试验, 以测试出新品种在不同产量环境下的耐密性, 明确新品种在每一个具体产量环境类型中的安全生产密度。

关键词: 玉米; 种植密度; 品种耐密性; 抗倒伏性

中图分类号: S513.047

文献标识码: A

Consideration and Discussion on Maize Planting Density

MA Xing-lin¹, XU An-bo¹, YANG Jiu-chen¹, WANG Chuan-hai¹, LI Shu-lan¹,
WU Ya-zhi¹, WANG Li-chun², GUAN Yi-xin³

(1. Institute of Crop Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081;

2. Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences, Changchun 130033;

3. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China)

Abstract: Based on the previous research results, and combined with field experiments and production investigation carried out over the years, the planting density (PD) of maize and related issues were analyzed and discussed in this paper. The preliminary conclusions were as follows, the response of maize morphological characteristics to the change of PD showed obvious difference; in general, the more recently developed and built organs (i.e. morphological characteristics) are, the more sensitive they are to changes in PD. The yield environment is often the decisive factor of PD, except for the factors such as the density-tolerance of maize hybrids. The density-tolerance of maize hybrids should be recognized and evaluated from the perspective of morphological characteristics, and lodging resistance and kernel setting ability are the two most important characteristics to evaluate the density-tolerance of maize hybrids. In the primary and intermediate tests of new maize hybrids, the highest possible PD should be set. However, before the development and promotion of a new maize hybrid, a multi-environment, and multi-density interaction test should be set up to test the density-tolerance of the new hybrid in different yield environments and to determine the safe production PD of the new hybrid in each specific yield environment type.

Key words: Maize; Planting density; Density-tolerance of maize hybrid; Lodging resistance

录用日期: 2020-01-12

基金项目: 国家重点研发计划课题(2017YFD0300601)

作者简介: 马兴林(1965-), 博士, 研究员, 研究方向为玉米抗逆丰产优质的品种与环境互作效应及其调节机制。

Tel: 13601236938 E-mail: maxinglin@caas.cn

合理密度的设置是玉米生产上极为重要的栽培管理措施, 也是玉米新品种选育各级测试环节中不容忽视的关键细节技术。因此, 种植密度问题历来是玉米科研工作者和玉米种植者都经常面对和普遍关心的问题。迄今, 关于玉米种植密度的研究报道甚多, 取得了重要研究进展^[1]。基于前人的研究成

果,本团队结合多年来开展的田间试验与生产调研工作,从玉米不同性状对种植密度变化的响应、玉米产量环境与种植密度的关系、品种耐密性如何评判、新组合测试密度的设置等几个方面,对玉米种植密度及其相关问题进行分析与讨论。

1 玉米不同性状对种植密度变化的响应存在明显差异

随着种植密度增加,玉米单产及相关农艺性状均发生一定变化,不同性状随密度增加的变化存在明显差异。玉米单产、抗倒伏性对种植密度变化的响应表现为,在偏低密度下单产较低,抗倒伏性较强;随着密度增加,单产逐渐增加;当密度增加到一定程度时,单产达到最高水平;之后进一步增加密度,单产逐渐下降。在密度不断增加的过程中,抗倒伏性不断下降。出现这种现象的主要原因是随着密度增加,单株子粒、根系及茎秆(基部节间)等器官的生物量都下降;从群体水平看,随密度增加,单株子粒生物量(产量)的下降可由个体数量的增加得到补偿,而根系及茎秆质量性状只能是随密度增加而逐渐变劣。子粒粗淀粉、粗蛋白质、粗脂肪等营养组分的相对含量等,在不同密度下变化不大,且随密度增加的变化趋势无规律可循。马兴林等报道^[2],随着密度增加,吐丝期及吐丝后15 d每株叶片、叶鞘、茎秆等器官的干重虽然均呈逐渐下降的趋势,但下降速率存在明显差异,以每株叶片干重下降速率最小。说明不同密度之间每株叶片干重的可变性最小,与植株地上部其他器官相比,增加密度导致了个体叶源的生长与建成以不呈比例的较低速率下降(群体叶源不成比例过度增长),从而削弱了其他器官(果穗、茎秆)的构建。本团队连续十几年的研究还发现,单株水平上,果穗上部各叶位叶片干重均表现为随密度增加而逐渐下降的趋势,但从穗位叶片到倒1叶片,其下降幅度逐渐增大。2011年在山东禹城基点以郑单958为试验材料的研究结果显示,密度从37 500株/hm²增至67 500株/hm²时,在吐丝期,倒1、2、3、4、5、6(穗位叶)叶片干重的下降幅度分别为47.6%、37.7%、29.0%、24.6%、23.9%、22.4%。而且,此时期各叶位叶鞘及节间干重随密度增加的变化,呈现了与各叶位叶片干重非常相似的趋势。在多年(2009~2018)、多点(吉林梨树、山东禹城等)、多品种(郑单958、先玉335等)、多时期(吐丝期、吐丝后15 d和35 d等)条件下,上述规律都得到了非常好的重演性。说明越是发育与建成较晚的器官(性状)对密度增加的反应越是敏感。

2 玉米产量环境往往是种植密度高低的决定性因素

不同生长环境下玉米单产对密度增加的响应有何差异,这个问题的答案无论对丰富玉米栽培学理论还是对指导玉米生产实践,都具有重要意义。马兴林等报道,在吉林梨树两种产量环境下(一般管理田和高产管理田),两个主栽玉米品种(郑单958、先玉335)的单产对密度增加的响应均表现为,在37 500~82 500株/hm²的密度范围内,一般管理田的最高单产密度为52 500株/hm²,密度继续增加到82 500株/hm²时,单产一直维持在最高水平;高产管理田则表现为随密度增加,单产逐渐增加的趋势。高产管理田与一般管理田的最高单产水平相比较,前者明显高于后者^[3]。说明玉米最佳密度与产量环境密切相关,较高产环境的最佳密度高于较低产环境。关于玉米密度与产量环境的关系,在生产实践中也发现,不同生态区域间玉米适宜密度存在明显差异。玉米种植区的有效积温与密度高低密切相关。从黑龙江省第一积温带到第四积温带,有效积温逐渐降低,所采用品种的生育期逐渐缩短,种植密度则逐渐增加。在黄淮海夏玉米区,对冬小麦-夏玉米地块而言,从北到南,玉米生长季越来越长,所采用品种的生育期也越来越长,种植密度则越来越低。在吉林梨树基点,最近两年(2018、2019)由于降“透雨”日期晚至5月中下旬,春季土壤水分严重不足(地块中土壤水分分布不均),群体内部个体间出苗期差异甚大,大小苗现象非常严重。在玉米成熟收获时发现,在稀植地块中,个体间产量差异远小于苗期生长势上表现出来的差异。低密度下,因出苗晚而形成的前期小苗也可以发育成大穗株,其对群体产量的贡献往往并不明显低于前期的大苗。由此可见,某些生长条件不良的情况下,密度偏低与密度偏高的群体相比,前者的产量损失较小,其原因可归结为群体内个体之间竞争的激烈程度,低密度下远比高密度下要小。基于上述研究认为,生产上玉米合理密度的设置,应充分考虑具体地块所处的产量环境。多年来试验研究与生产调研结果表明,在东北春玉米中熟区、中晚熟区及黄淮海夏玉米区,在一个常年单产9 000~10 500 kg/hm²及其以下水平的产量环境下,种植目前当地主栽的任何品种只需要不高于52 500株/hm²的低密度即可;如果生产者坚持采用高密度(如75 000株/hm²以上),在正常气候年份,其单产水平至多会与52 500株/hm²的低密度下相当,在气候条件异常年份(生育后期遭遇大风兼

大雨),会使减产减收风险增加很大。综上建议,玉米大面积生产上无论采用任何品种,设置密度时需考虑品种本身在抗倒伏性和结实性等重要性状的耐密性以外,还需考虑具体生产区域(地块)的产量环境,应采用适宜密度的低限而不可盲目增加密度,以获得稳产丰产,并最大限度规避减产减收风险的生产目标。

3 抗倒伏性和结实性是评判玉米品种耐密性最为重要的两个(类)性状

马兴林等提出了“玉米品种的耐密性应从性状角度予以认识与评判”的观点^[4]。通过多年试验、观察与思考,初步认为,抗倒伏性和结实性是评判玉米品种耐密性最为重要的两个(类)性状。玉米单产可表示为单位面积子粒数与粒重的乘积,本团队多年的研究表明,尽可能增加单位面积子粒数,即构建群体子粒大库对玉米实现高产稳产起着决定性作用。增加密度无疑是构建玉米群体子粒大库的重要措施,在生产上,增加密度并不能有效增加群体子粒库的情况在全国各地每年都普遍发生。由此造成增加密度不增产甚至减产,其直接原因是密度增加得偏高,导致玉米在生育前中期发生了较严重倒伏或结实性较差(较严重的果穗秃尖、空秆)。生产实践与研究均表明,抗倒伏性是影响“通过增加密度而增加群体子粒库构建与充实”的关键因素。概括而言,玉米增加密度后,能否构建一个以低倒伏风险为前提的、尽可能大的群体子粒库,并在此基础上使子粒库得到足够的充实,且收获时茎秆坚韧抗倒,是实现玉米抗逆、高、稳产管理目标的关键所在。从不同年代品种应用实践看,目前玉米生产上应用的现代品种与“老品种”相比,由于抗逆性的显著提高,当其达到最高单产密度后,进一步增加密度,在较大的密度范围内,单产一直维持在最高水平。美国玉米带上关于现代品种对密度响应的研究认为,生产上玉米密度偏低时的产量损失大于密度偏高的产量损失。初步认为与“老品种”相比,现代品种在抗倒伏性、结实性等关键农艺性状上的耐密性得到了明显增强。纵观我国不同年代推广应用的玉米品种,在子粒库构建与充实的整个阶段,结实性及抗倒伏性这两大性状的耐密性均强的品种当首推郑单958。本团队在吉林梨树和山东禹城基点,曾连续多年设置实施针对郑单958的耐密性试验,密度为22 500~135 000株/hm²,密度梯度为22 500株/hm²。结果表明,最高单产密度开始出现于52 500或67 500株/hm²,但密度增加到67 500或90 000株/hm²时,单产一般仍维

持在最高水平,而即使密度继续增加到112 500或135 000株/hm²,由于直立不倒和良好的结实性,其单产仍维持在较高水平。本团队在最近几年试验及品种观察中还发现,迪卡159、农华5号等新品种,既非“稀植大穗”类型也非“小穗”类型,其在较高密度下各器官仍能协调均衡发育,表现为高密度下叶片并不繁茂,果穗并不小,抗倒伏性仍强,单产并不低。因此认为,这几个新品种是抗倒伏性、结实性等性状上耐密性很强的品种。

4 玉米品种开发推广前测试在不同产量环境下的耐密性

近年来,通过广泛而深入的研讨,越来越多的玉米育种者逐渐认识到,与玉米大面积生产上“采用适宜密度低限而不可盲目增加密度”的策略不同,在玉米新组合初、中级测试中,应尽可能提高密度,以测试出新组合在高密度压力下的风险性,测选出苗头组合。分析其原因,正如前面所提到的,如果是真正的优良品种,那么其在达到最高单产密度后,进一步再增加密度,在很大的密度范围内,其单产仍能维持在最高水平。增加到偏高的密度后,新组合的丰产稳产性仍能得以充分表现的同时,其抗倒伏性等潜在风险也得到了测试,既然如此,在新组合(初、中级)测试时应设置尽可能偏高的密度。关于新品种测试密度问题,认识水平如果仅仅停留在这个层次还不够。世界种业巨头研发的玉米新品种,在商业化开发之前,会进行多次、多环境测试,先锋良种国际有限公司,每个杂交种商业化之前至少在150多个试验点和200多个农民的地块种植测试。其这样做的主要目的是尽可能摸清新品种的致命缺陷与风险所在,从而对新品种进行准确的生态定位。目前,世界种业巨头的这一做法已为我国广大玉米育种者所认同,并尽可能地应用到了品种研发实践中。对我国玉米育种家而言,对于刚刚育成(审定)的每个新品种,在投放到目标种植区域之前进行的多环境测试中,必须要考虑密度设置这个重要因素。因为,同一品种在不同产量环境下抗倒伏性、结实性及产量等性状的耐密性表现不同。为此,对于每一个新选育的玉米品种,在开发推广之前,应针对其目标种植区域,在遵循多环境测试原则的基础上,要设置多环境×多密度互作试验,以测试出新品种在不同产量环境下抗倒伏性、结实性及产量等性状的耐密性,明确新品种在每一个具体产量环境类型中的最适密度,尤其是安全生产密度,从而最大限度地规避新品种在推广应用中有可能会出现致命风险。

参考文献:

- [1] 范福仁,莫惠栋,秦泰辰,等.玉米密植程度研究[J].作物学报,1963,2(4):381-398.
Fan F R, Mo H D, Qin T C, et al. Studies on the planting rate of corn [J]. Acta Agronomica Sinica, 1963, 2(4): 381-398. (in Chinese)
- [2] 马兴林,李淑兰,程桂英,等.关于春玉米抗逆丰产栽培理论与技术研究的若干进展[J].农业科技通讯,2017(11):4-10.
Ma X L, Li S L, Cheng G Y, et al. Some advances on the theory and technology of spring maize cultivation with stress resistance and high yield[J]. Agro-technical Communication, 2017(11): 4-10. (in Chinese)
- [3] 马兴林,王传海,杨久臣,等.关于玉米源库关系研究的若干进展与讨论[J].农业科技通讯,2018(8):229-236.
Ma X L, Wang C H, Yang J C, et al. Some progress and discussion on the relationship between maize source and sink[J]. Agro-technical Communication, 2018(8): 229-236. (in Chinese)
- [4] 马兴林,崔铁英,徐安波,等.对我国玉米育种目标的思考与讨论[J].农业科技通讯,2019(7):4-6.
Ma X L, Cui T Y, Xu A B, et al. Consideration and discussion on maize breeding objectives in China[J]. Agro-technical Communication, 2019(7): 4-6. (in Chinese)
- [5] 刘文国,王绍平,张世煌.先锋公司的育种研发管理经验对我们的启示[J].北京农业,2010(7):14-17.
Liu W G, Wang S P, Zhang S H. The enlightenment to us from the research and development management experience of pioneer company[J]. Beijing Agriculture, 2010(7): 14-17. (in Chinese)
- [6] 王庆祥,顾慰连,戴俊英.玉米群体的自动调节与产量[J].作物学报,1987,13(4):281-287.
Wang Q X, Gu W L, Dai J Y. Effect of population auto-regulation on yield in maize[J]. Acta Agronomica Sinica, 1987, 13(4): 281-287. (in Chinese)
- [7] Paszkiewicz S, Butzen S. Corn hybrid response to plant population [J]. Crop Insight, 1999, 11(6): 13-20.
- [8] Tomás S, Fernando H A, Pablo A C, et al. Why do maize hybrids respond differently to variation in plant density?[J]. Agronomy Journal, 2007, 99(4): 984-991.

(责任编辑:朱哲)

欢迎订阅2020年《玉米科学》

《玉米科学》1992创刊,由吉林省农业科学院主办。玉米科学是我国惟一的玉米专业学术期刊,2004~2018年连续5次入选全国中文核心期刊。先后被评为“吉林省一级期刊”、“吉林省科技类十佳期刊”、“吉林省名刊”、“中国北方优秀期刊”。2010年,《玉米科学》被评为第二届吉林省新闻出版奖——期刊精品奖。《玉米科学》被收录为中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊,被英国《国际农业与生物科学研究中心》、波兰《哥白尼索引》、美国《乌利希期刊指南》、《日本科学技术振兴机构中国文献数据库》等数据库收录。

2018年版中国学术期刊影响因子年报(自然科学与工程技术—2015版)显示,《玉米科学》影响因子1.322,其中他引影响因子1.146;5年影响因子1.592,其中5年他引影响因子1.445。影响力指数(CI)442.320,影响力指数学科排序7/49。

《玉米科学》主要报道:遗传育种、品种资源、耕作栽培、生理生化、生物工程、土壤肥料、专家论坛、国内外玉米科研动态、新品种信息等方面的内容。适合科研、教学、生产及管理方面的人员参考。

《玉米科学》为双月刊,双月15日出版。大16开本,152页,每期定价15元,全年90元。国内外公开发售,邮发代号:12-137,全国各地邮局(所)均可订阅,漏订者可直接向本刊编辑部补订。

地址:吉林省长春市生态大街1363号 邮编:130033

电话:0431-87063137

E-mail: ymkx@cjaas.com。

网址: www.ymkx.com.cn

微信公众号: jaasymkx

