

玉米栽培的适宜密度问题

(文献综述)

赵化春

(吉林省农业科学院情报室)

全世界玉米栽培面积在谷类作物生产中面积仅次于小麦、水稻居第三位,产量则仅次于小麦居第二位。近年来亚州、中美州、南美州和非州玉米面积有增加趋势,北美、苏联则有递减趋势,东欧各国保持相对稳定或略有增长。当前,玉米生产由于采用杂交种、合理施肥、密植、有效地防治病虫害及杂草,玉米产量显著提高。随着新型杂交种的推广和生产水平的提高,各国玉米的种植密度亦在加大。

众所周知,作物要获取高产要求其群体结构合理,群体中个体发育协调。国内外资料证明,只有合理密度才能充分利用地力和光能,保证玉米高产。例如,美国1978年全国玉米平均亩产超过800斤,对全国540个高产点调查表明,在各项高产措施中关键性措施是密植。

三十多年来国内外的专家、学者针对玉米密度问题做了大量试验及调查研究。在确定玉米适宜密度的原则方面及建立合理密植的理论方面都取得了可喜的进展。遗憾的是很多研究成果未能在生产中很好运用,在生产上仍有种植过稀或过密的偏向。本文综合174篇有关密度文献,以供参考。

一、密度与产量的关系

玉米群体籽粒产量变化取决于遗传性、环境条件和种植密度三者相互作用。国内外大量资料一致认为,在任何情况下玉米的密度都与产量密切相关。玉米群体的生物产量开始是随密度增加而提高,密度增至一定程度产量增加不明显,但也不明显下降,两者呈渐近状曲线关系。群体的籽粒产量开始时随密度的提高而迅速增加,以后渐缓,再增加密度则产量开始明显降低〔5〕〔6〕〔13〕〔23〕〔39〕〔45〕〔14〕。例如,О.Е.Саухимов资料表明Казахстанская品种在4.0万株/公顷密度下产量为32.1公担/公顷,6.0万株/公顷产量39.6公担/公顷,而密度增加到8.0万株/公顷时产量下降为29.8公担/公顷。密度增加到一定程度后产量开始下降,这一点已为定论。当然,有些试验资料表现出产量一直随密度增加而提高,这是因为试验处理的密度幅度小,上限低的原因。统计大量资料认为,密度(x)与产量(y)间的关系符合曲线回归方程 $y = a + bx + cx^2$ 。

二、密度对植株生长发育的影响

Engledow与Wadham指出,只有把产量这样复杂但有经济价值的问题,分解成为生物学性状来研究才便于掌握影响产量的形成过程。

1、株高、茎粗及穗位

密度与株高及穗位的关系各试验资料观点不尽一致。胡达家资料〔40〕表明，密度从2,778株/亩增至7,400株/亩其株高降低14~28厘米。И.И.скубицкий资料认为，密度从2.0万株/公顷增至4.0万/公顷时株高降低10.7厘米〔7〕。亦有资料认为在生育前期密度对株高影响不大，在形成12~14片叶后密度大者比稀者植株矮10~25厘米〔14〕。赵仁熔等人研究表明，2,000株/亩株高260厘米；3,333株/亩株高269厘米，4,000株/亩296.2厘米，即随密度增加株高增高〔44〕〔33〕。Genter, Edmeades, 范福仁等人亦认为密度与株高、穗位高度关系不明显〔20〕〔27〕〔34〕。吉林及山西大同农科所认为，随密度增加穗位有上升趋势〔46〕〔65〕。一致的观点是随密度增加茎粗变细〔50〕〔34〕〔33〕〔46〕〔55〕。

2、密度与叶面积及其动态

单株叶面积：随着密度的增加单株叶面积变小，这已为定论〔45〕〔34〕〔35〕〔33〕〔7〕〔26〕。О.Е.Саухимов资料表明，密度为4.0、5.0、6.0、8.0万株/公顷，单株叶面积分别为51.5、46.4、43.1、38.8平方吋。许章全认为各种密度在出苗后30天内单株叶面积相差无几，但拔节后稀者显著为大。以2,000株/亩与8,000株/亩相比，拔节时高5.6%，抽丝期高63.2%，乳熟期高164.5%。Videnovic Živorad资料亦表明这一规律。И.И²скубицкий资料认为密度大叶面积小，表现为叶长差别不大而叶宽差别大〔7〕〔33〕。

叶面积系数：随着种植密度的提高，群体的叶面积系数增大，这已为学者们公认〔3〕〔14〕〔25〕〔34〕〔41〕〔45〕。如Wilson J.H.资料指出，密度为1.27株/米²，3.70株/米。6.15株/米²时播后98天测定其叶面积系数分别为2.0、5.8和9.8。О.Е.Саухимов亦证明密度从4.0万株/公顷到8.0万株/公顷其叶面积系数从2.04增至3.12。大量研究表明适宜的叶面积系数是个随气候条件、土壤、生产水平、品种等而异的变数。Duncan 提出一个图示认为，低产品种叶面积系数在2.5左右，中产水平在4~6之间，而更高产品种可达8~10。

叶面积动态：研究表明，任何密度的玉米群体叶面积发展均可分为三个阶段：出苗~抽雄为增长期，时间以等差级数推移，叶面积以等比级数增加；抽雄~乳熟为稳定期；乳熟~完熟为衰落期。密度不同这三个阶段变动很大，在高密度情况下稳定期短衰落期长，形成具有锐角的单峰曲线；密度小时则稳定期长，衰落期短形成负偏斜的极度低阔的峰态，这两种曲线均不理想。理想的发展曲线应是负偏斜的低阔峰态〔34〕〔41〕。例如，吉单101品种适宜的叶面积动态应该在出苗后70天达到最大值4.0~4.3，然后从抽雄至乳熟末在30~35天内叶面积系数稳定在4.0~3.8之间，之后缓慢下降直到收获前叶面积系数仍保持在2.0左右。这种理想的进程只有适宜的密度才能实现。

3、密度与根系

大量资料一致表明，随着密度提高单株根数减少，根干重变小，根系在土壤中密集层变浅并且发育不良〔1〕〔2〕〔33〕〔34〕〔35〕〔41〕〔45〕〔50〕。В.С.Соколов 资料指出，当密度分别为3.3万株/公顷、5.7万株/公顷、8.3万株/公顷情况下其根数为114条、74.5条。51.5条而根干重相应为34.85克、10.63克、7.61克。河北农大资料表明，密度为2,500株/亩时90%的根系集中在50厘米以上，而4,000~6,000株/亩则90%根系集中在40厘

米以上。范福仁等人资料亦表明以8,000株/亩与2,000株/亩相比,单株永久根减少36.18%,根系分布层浅34.79%。Williams W.A资料认为,在8个密度下试验结果表明,任何时期看不出密度对根系的影响〔19〕。

4、密度与生殖器官发育

研究表明,玉米抽雄、开花、吐丝各期随密度提高而相应延迟,密度小则雌穗分化早且大〔39〕〔45〕〔34〕〔33〕〔24〕〔21〕〔37〕〔32〕〔35〕〔47〕〔44〕〔49〕〔30〕。李维岳资料表明,以2,000~2,333株/亩做基数大致,每增加1,000株/亩抽丝期延迟1.5~3天。辽宁东部山区作物研究所资料表明,雄穗分化期6,000株/亩比2,700株/亩延迟3天,雌穗小花分化期延迟5天。Wilson J.H和Bunting E.S.资料指出,果穗开始分化时间高密度比低密度晚两天左右,完全发育的雌小花原基数少于低密度,高密度者在散粉期间能够抽出花丝的小花数较少。原始小花形成速度相类似,密度大者每行原始小花有6个不能完全发育,密度小者有3个小花不完全发育。山东农科院资料表明,密度过大会造成散粉与吐丝脱节。如密度为2,500~4,000株/亩时,当散粉株占54%时而吐丝株占46%表现基本协调。当密度增加到5,000株/亩时,散粉株58.63%,吐丝株仅为26.1%,表现出脱节状态。

三、密度与光合作用

众所周知,密度不仅影响到植株的营养和水分供应,更重要的是不同密度群体其个体的受光条件,田间CO₂含量、叶片叶绿素含量、气孔数目等诸因素亦受影响。从而,导致光合作用的差异。

1、密度与光合势

光合势反映了叶面积大小及叶片功效时间长短这两个因素。学者们一致的观点是随着群体密度增加,绿叶面积增多,群体光合势增大,而单株光合势下降〔39〕〔31〕〔3〕〔9〕〔48〕〔55〕〔37〕〔10〕〔12〕。B.A.сяглов资料表明,密度为9.0万、12.0万、15.0万、18万株/公顷情况下其相应光合势分别为1.40(百万米²·日/公顷)1.45、1.59、和1.72任德华资料亦证明,若以2,778株/亩的光合势为100,则3,704株/亩为114.06,5,556株/亩为207.54。B.B.быхун指出,当密度从4.0万株/公顷增加到6.0万株/公顷时,其单株光合势下降15.7%。河北农科院资料表明,密度在3,000株/亩以下时光合势随密度增加而显著增加,超过此限光合势增加较小。进一步研究指出,光合势随密度而增加,开始时增加速度快以后渐慢。密度(x)与群体光合势(y)的关系为渐近曲线,适合回归方程

$$y = \frac{x}{a + bx}$$

2、密度与净同化率及光合生产率

大量试验表明,由于植株密度增加造成郁闭,通风透光不好,株间CO₂含量降低致使净同化率及光合生产率下降〔45〕〔34〕〔37〕〔55〕〔54〕〔3〕〔53〕〔9〕〔14〕〔15〕〔17〕〔8〕〔11〕〔25〕〔11〕。高肥及中肥水平下降较少,而低肥下降尤甚。B.A.сяглов资料表明,密度为9.0万、12万、15万、18万株/公顷时相应的光合生产率为5.2、4.7、4.5、4.4克/米²/昼夜。辽宁东部山区作物所资料表明,密度为2,700株/亩、4,000株/亩、6,000株/亩时于拔节后期净同化率分别为6.29、5.64、3.65克/米²/日;抽雄前则为11.11、9.29、8.47克/米²/日;抽雄—乳熟分别为3.34、1.51、0.53克/米²/日。B.

В.Быхун 指出,密度从4,000株/亩增加到6,000株/亩光合强度下降18.2%,光合生产率下降14.7%。И.И.Скубицкий亦指出同样规律。总之,净同化率随密度增加而减少。净同化率(y)与密度(x)的关系适合方程 $y = ae^{bx}$,即统计量的对数与密度呈线性负相关。大量研究表明,净同化率及光合生产率的最高值往往出现在最低密度下而不是出现在最适宜密度下。

四、密度与诸产量因素的关系

1、单位面积的穗数及空秆:

每亩穗数和空秆这两个有矛盾的性状都随密度的增加而增加,但由于品种及栽培条件不同其增长曲线各异〔39〕〔45〕〔34〕〔41〕〔32〕〔36〕〔48〕〔37〕〔51〕〔38〕〔42〕〔19〕〔28〕。李维岳研究表明,在一定范围内适当增加单位面积株数可直接提高结穗数,从而提高产量。如,每亩株数从2,333增加到3,000时穗数增加28.6%。山东农科院资料表明,若以2,500株/亩的结穗数为100,则3,000株/亩为121.03,4,000株为148.55,5,000株则为167.16。2,500~3,000株/亩时的空秆率不超过5%,而4,000株/亩时可增加到29.41%。南京农学院资料表明,2,500株/亩时空秆率6.2%,4,200株/亩为18.3%,7,800株/亩空秆率30.1%。统计分析表明密度(x)与穗数(y)的关系适合回归方程 $y = \frac{x}{a+bx}$ 。其a与b的农学意义为a是 $\frac{1}{y}$ 依 $\frac{1}{x}$ 的回归系数,即当每株所占面积($\frac{1}{x}$)每增加一个单位时每生产一穗所需的面积($\frac{1}{y}$)将增加a个单位。b是 $\frac{x}{y}$ 依x的回归系数,即当密度(x)每增加一个单位时每生产一穗所需植株数目($\frac{x}{y}$)将增加b个单位。

2、穗粒数、千粒重

国内外资料一致认为,穗粒数、千粒重受遗传性、环境条件和种植密度的相互作用。穗粒数、千粒重均一致表现随群体中个体数的增加而递减〔45〕〔41〕〔34〕〔20〕〔24〕〔53〕〔11〕〔1〕〔32〕〔51〕〔35〕〔47〕〔48〕〔55〕〔5〕〔44〕〔33〕〔43〕。李维岳资料指出,密度从2,333株/亩增加到3,000株时每穗粒数减少9.6%,千粒重减少5.9%;而从3,000株增至3,666株时穗粒数减少13.3%,千粒重减少9.0%。J.H.Wilson资料指出,最后收获时每行粒数较当初开花时的小花数减少。密植者(4.94株/米²)减少17%,稀者(2.47株/米²)减少8%,密度中等(3.70株/米²)减少13%,每穗粒数分别为596、552、516粒。中国农科院作物所研究表明,密度在1,500~4,000株/亩范围内,穗粒重从226.8克到93.7克呈递减趋势,穗粒数从681到315粒递减。密度(x)与每穗粒数(y)的关系适合方程

$y = \frac{1}{a + bx}$,即穗粒数的倒数与密度呈正相关。不同密度间穗粒数的差异原因是

籽粒发育后随密度增加损失较大,上部小花均不能发育成籽粒,密度增大,穗间竞争加剧(Willey Halliddy 1971), (Scott, Dougher, Ianger 1975)。有的学者认为是开花前穗分化受密度影响所致(Fischer, Wilson 1975)。密度影响千粒重在于籽粒形成早期密度影响了胚乳细胞数目,因而影响了籽粒大小潜力的发挥(Wardlaw 1970)。

五、密度与植株的抗逆性

1、密度与倒伏

随着密度增大植株倒伏率加大,这是众多学者一致的观点〔44〕〔38〕〔34〕〔33〕〔51〕

〔47〕〔37〕〔48〕〔29〕。曹镇北(1953年)指出, 1,500株/亩倒伏10%, 2,500株/亩倒伏27.4%。徐润芳亦指出, 1,500株/亩倒伏11.06%, 而3,000株/亩倒伏14.83%。研究表明, 密度加大后下层光照条件恶化, 单位面积内株数增多, 水分养分减少, 茎秆细弱根系发育不良, 支持根减少。剖面观察表明, 密度大者植株表皮细胞较小, 细胞壁薄假皮层内厚壁组织细胞和维管束周围的纤维细胞数目较少, 茎秆坚韧性差而易倒伏。

2、密度与病虫害

植株密度增加其抗病虫能力削弱〔37〕〔47〕〔48〕。建设兵团农科所资料表明, 维尔42品种在2,000株/亩密度条件下黑粉病率0.66%, 3,000株/亩病率1.36%, 4,000株/亩为2.56%。建设兵团良种场亦证明, 2,040株/亩时黑粉病染病率为0.33%, 4760株/亩时为2.0%。Ficht(1932), Finch(1976), Zepp和Keaster(1977)等人报道都表明, 植株密度不同, 害虫在植株上群集固定及其为害程度亦异。例如, 玉米密度从2.2万株/公顷到10.0万株/公顷递增时, 玉米螟幼虫数(在36米²小区内)由4.0头到14.2头呈递增趋势〔29〕。

六、密度与生产水平

大量试验及生产实践证明, 生产水平愈高(包括品种、肥力、灌溉、耕作、病虫害及杂草防治), 最适宜密度愈大〔45〕〔14〕〔44〕〔19〕〔21〕〔34〕〔22〕〔31〕〔1〕〔52〕〔15〕〔4〕。密度与品种和肥力的关系最密切。总的原则是早熟矮秆品种宜密, 晚熟高秆品种宜稀。Bunting、E. S. 资料表明, “Warwick SL209”品种以较低种植密度(6.0万株/公顷)产量最高, 密度加大产量下降。另一个开花早、生育期短的“ARC51A”品种, 种植密度增加到14万株/公顷产量尚未达到最高峰。密度与肥力关系更为密切, Silva R. 资料表明, 在密度为4~6万株/公顷时施入N₆₀者产量最高, 而密度为8.0万株/公顷时施入N₁₂₀者产量最高。吉林农科所试验表明, 中晚熟品种在瘠薄地上以密度2.0~2.5万株/公顷产量高; 中等肥力以2.7~3.0万株/公顷产量高; 肥沃地上以3~4万株/公顷产量高。李维岳资料表明, 高肥地上适宜密度范围较宽, 中、低肥地上适宜密度范围较窄。几十年来玉米的栽培历史完全证明密度与生产水平密切相关。我国一些资料表明, 在50~60年代生产水平低的条件下, 优良品种金皇后适宜密度只为1,500~2,000株/亩, 若3,000株/亩则空秆率达到18.1%, 产量较低。60年代国内水平以中晚品种为例, 密度以2,000~2,500株/亩为宜。而现在一般种植密度均在2,700~3,000株/亩左右。1929~1939年美国玉米密度1,900~2,900株/亩产量为686~720斤/亩, 而种4,000株/亩产量为621斤/亩。1940~1950年期间仍是稀植比密植增产。1965年后由于推广耐肥水、耐密植的单交种, 各国玉米密度普遍增加。1978年美国全国普查表明, 单产超过1,600斤/亩的549个点平均密度已达到4,250株/亩。地中海及东欧各国种植密度比美国大, 南斯拉夫高产典型密度已达到6,000~7,000株/亩。

七、合理密植的原则及生物学基础

众所周知, 构成群体产量因素的每亩穗数、每穗粒数、千粒重三者之间存在矛盾。密

度过稀，则每株穗数、粒数、千粒重表现良好，但单株粒数、千粒重的增加不足以抵偿由于每亩穗数减少而受的损失，产量较低。反之，密度过大每亩穗数增多，粒数和千粒重下降。每亩穗数的增加不能抵偿单株籽粒产量显著下降的损失，产量亦低。

光合势、净同化率和经济系数三者间亦有矛盾。密度过高光合势增大，但净同化率下降，干物质积累减少，经济系数相应降低。密度小时净同化率和经济系数较高，但光合势小，单位面积上积累的干物质少，不能获取高产。只有当这三者乘积达最大值时产量最高。研究表明，光合势、净同化率、经济系数三者乘积达最大值时的密度与每亩穗数、每穗粒数、千粒重三者乘积最大值的密度完全吻合。玉米的高产必须在一定条件下处理好个体内部各器官之间、植株生长发育与环境条件之间、个体发育与群体繁荣之间的矛盾，个体发育应以群体繁荣为准，群体繁荣才能高产。合理密植是解决上述矛盾的重要手段。密植增加了株数，能够更充分地利用地力和光能增加营养物质积累，从而获取高产。施肥、灌溉、耕作等是人为可控制的因素。但象光强度、质量、CO₂浓度、温湿度等不可调因素将成为更高密度获高产的限制因子。这就是说，在考虑密植增产时要统筹兼顾。几十年的研究和生产实践已证明，确定玉米适宜密度时必须考虑气候因素、土壤条件、品种特性、耕作栽培水平（施肥、灌溉、病虫害及杂草防治），生产管理平等因素。合理密植有两个途径：一是现实性合理密植，就是按现有的各方面具体条件统筹考虑上述各因素，来确定适宜种植密度；二是积极性合理密植，即是努力创造条件提高生产水平，从而提高适宜密度上限，获得更高产量。

八、生产中存在的密度问题及建议

随着生产水平的逐步提高和新型耐密品种的出现，世界各国玉米种植密度日趋增大。如美国玉米带种植密度已达 3,000~4,000株/亩；南斯拉夫的玉米密度为 4,000~5,000株/亩。我国玉米单产水平低，种植密度普遍低于世界水平。

我省的玉米种植密度存在两种倾向：一种是不考虑具体条件盲目强调“密植”，造成过密，田间郁闭，营养不良，出现大量空秆、严重倒伏而减产。还有些社队照搬高产社队的经验制定自己的种植密度，亦造成减产。另一种是由于种的粗、管的差，玉米严重缺苗断条、密度不够。当前玉米生产中的主要问题是密度不够，特别是在中低产地区尤为突出。综合四平、长春、白城、吉林等地区的调查资料表明，一般年份玉米缺苗10~15%，遇到低温、干旱、病虫害严重年份缺苗率可超过20%。据几个县的普查资料表明，在低产地区玉米保苗只有 1,500~1,700株/亩左右，中产地区在 2,100~2,700株/亩；既或在土地肥沃、生产水平高的地区密度往往不超过 3,000株/亩。随着生产责任制进一步落实，管理水平的提高、优良品种的普及，化肥量增加，玉米种植密度还可加大。

总结我省玉米主产区的生产经验及研究资料可以认为，适宜密植乃是目前玉米生产中一项最经济有效，又易于推广的增产措施。当前，我省玉米主产区主推品种是吉单101和四单8号两个品种。参照李维岳等人资料，建议把这两个品种的种植密度划分为四种情况。

(1) 土地肥沃、生产水平高的社队（一般施肥水平下产量在1,000斤/亩左右），吉单101和四单8号种植密度可达3,000~4,000株/亩，上限不宜超过4,000株/亩。

(2) 在地力中上等(施肥较多的条件下产量可达700~900斤/亩)、管理较精细的地方,吉单101和四单8号可种植2,800~3,000株/亩。

(3) 地力较差、施用较多肥料产量才能达到500~600斤/亩水平的社队,可考虑种植2,300~2,500株/亩。

(4) 土地瘠薄、肥料不足、管理较粗放的低产社队(产量水平在400斤/亩以下)若种植吉单101和四单8号密度为1,800~2,000株/亩。这些地方可考虑改种中熟品种吉双83号或吉单102品种。

主要参考文献

[1] Соколов В.С. Развитие корневой системы кукурузы в зависимости от Густоты стояния растений. Вестник Сельскохозяйственной науки. 1962 (8): 31—33.

[2] Тараховская. М.Г. Площадь питания и корневая система кукурузы. Земледелие. 1963 (6): 29—36.

[3] Попухов. В.И. Влияние уровня питания и густоты посевов на Фотосинтетическую деятельность и урожай кукурузы. Химия в сельском хозяйстве 1965 (7): 14—17.

[4] П. Ф. Ключко. А. Ф. Мандренко. Густота посева И Повышенные Дозы удобрений влияют на урожай и его качество. Кукуруза. 1974. (1): 18—21.

[5] Валиев. В. Е. Прибавка урожая от оптимальной густоты. Кукуруза. 1975. (12): 15.

[6] Карпенко. А.П. Густота растений Как она влияет на урожай. Кукуруза 1976 (6): 19—20.

[7] Скубицкии. И.И. Густота растений кукурузы в условиях юг—западной степи Украины. Кукуруза 1977 (4): 17—18.

[8] Усанова. З.И. Кузнецова. А.Ф. Влияние густоты Стояния растений и минеральных удобрений на некоторые показатели Фотосинтетической Деятельности Кукурзу на выщелоченных черноземах тульской области. Агрохимия. 1978 (4): 100—103.

[9] Быхун. В.В. Фотосинтетическая деятельность и урожай кукурузы в зависимости от минерального питания и густоты посева. Минеральн. питание и продуктивность. Киев 1978, 190—198.

[10] Сяглов. В.А. Влияние уровня азотного питания и густоты стояния растений и апродуктивность и некоторые показатели Фотосинтетической деятельности кукурузы. Агрохимия 1979 (4): 25.

[11] Влияние орошения и густоты стояний на урожайность кукурузы. Р.Ж Растениоводство 1979 (12): 18.

[12] Евстафьев. Д.К. Густота растений дозы удобрений и урожай кукурузы при орошений Кукуруза. 1980 (4): 20—21.

[13] Вахонский. Э.К. Сорт густота посева и урожай. Кукуруза. 1981 (6): 16—17.

[14] Саухимов. О.Е. Урожайность кукурузы в зависимости от густоты стояния растений. Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана 1982 (1): 43—45.

[15] Donald. N. Photosynthesis Under Field Conditions v. Further plant chamber Studies of the effects of Light on Corn. Crop Science. 1964. Vol. 4 No. 2: 127—131.

[16] Colville. W.L. Influence of plant population Hybrid and productivity Level on Irrigated Corn proauction. «Agro.J» 1964. 5f (3): 332—335.

[17] Williams. W.A. Loomis. R.S. Vegetative Growth of Corn as affected by population density. II Components of Growth, Net Assimilation Rate and Leaf Area Index. «Crop Science» 1965. Vol. 5. No. 3: 215—219.

[18] Carmer. S.G. Jackobs. J.A. An Exponential Model for Predicting optimum plant Density and Maximum Corn yield. «Agronomy Journal» 1965. 57 (3): 241—244

[19] Williams. W.A. Vegetative Growth of Corn as affected by population Density

1. productivity in Relation. to Interception of solar Radiation. <Crop Science> 1965. 5 (3) : 211—214.

(20) Genter. C.F. Camper. H.M. Component Plant Part Development in Maize as affected by Hybrids and population Density. <Agronomy Journal> 1973.35 (4) : 669—671.

(21) Bunting. E. S. Plant density and yield of grain maize in England <The Journal of Agricultural Science> 1973.81 (3) : 455—463.

(22) Silva. R. influencia de diferentes niveles de nitrogeno y poblaciones de plantas sobre los rendimientos en maiz <Agron.trop> 1977. No. 4, 27, 451—459.

(23) Singh. C.M. Sood. B.R. Response of rainfed pop Corn to nitrogen and plant population <Exp. Agr> 1978.14.No. 4 : 395—398.

(24) Wilson. J.H. Effect of plant population on ear differentiation and growth maize. <Ann of App Biol> 1978. 90 (1) : 127—132.

(25) Wilson. J.H. Production and distribution of dry matter in maize following changes in plant population after flowering. <Ann of App Biol> 1978.90.(1) : 121—126.

(26) Videnovic Živorad. Prilog proučavanju uticaja gustine i vremena setve na veličinu lisne površine i prinosa nekih hibrida kukuruza. <Arh poljopr nauke> 1978. 31. No.116 : 19—21.

(27) Edmeades. G.O. The development of plant-to-plant variability in maize at different planting densities. <Canadian Journal of plant Science> 1979.59 (3) : 531—576.

(28) Milbourn. G.M. Effects of plant density on ear barrenness in maize <Exp. Agr> 1981. 16. No. 3 : 321—326.

(29) Ogunwotu. E.O. Nwosu. K. Stem borer damage in maize as affected by host plant density <The Journal of Agricultural Science> 1981. 96 (3) : 695—697.

(30) 李维岳. 吉林省中部黑土地地区玉米早熟丰产栽培技术的研究. 吉林农业科学 1982 (1) : 12—22.

(31) 朱丕荣: 玉米密植问题的研讨. 农业科学通讯, 1957. 1.

(32) 山东省农业科学院: 春播玉米栽培密度试验总结, 1956. 10.

(33) 河北农业大学: 春玉米密度定额的研究, 1959年.

(34) 范福仁, 莫惠栋: 玉米密植研究, 农业学报 1960, 11卷 2.

(35) 辽宁东部山区作物科学研究所: 玉米单作密度试验, 1960年.

(36) 徐润芳: 玉米栽培密度及种植方式研究, 1957年.

(37) 河北农业科学院: 春玉米密度研究1960年.

(38) 南京农学院: 不同施肥水平下春玉米不同密度对生长发育的影响, 1960年.

(39) 范福仁, 莫惠栋: 玉米密植程度研究, 中国作物学会第二届年会论文集, 1963年.

(40) 胡达家: 玉米密度的研究, 东北农学院学报, 1961. (1) : 1—8.

(41) 范福仁, 莫惠栋: 玉米群体问题, 江苏农学报创刊号, 1962, 23—35.

(42) 莫惠东: 穗数—密度的理论曲线方程及其分析, 作物学报, 1964. 3 (3) : 327—341.

(43) 中国农业科学院作物育种栽培研究所, 春玉米栽培密度及种植方式研究总结, 1960年.

(44) 赵仁榕, 戴俊英: 玉米栽培密度与播种方式的研究, 辽宁农业科学, 1964 (4) : 19—24.

(45) 许章全, 黄炳生: 春玉米密植定额和种植方式研究, 作物学报, 1964, 3 (3) : 229—249.

(46) 山西省大同专区农业科学研究所: 中熟型玉米密植程度及种植方式试验研究, 1961年.

(47) 建设兵团农林牧科学研究所: 玉米良种适宜密度研究总结, 1964年.

(48) 新疆建设兵团车排子良种场: 玉米密度及配置方式研究初报, 1965年.

(49) 任德华, 韩明华: 玉米不同群体叶发生发展及其光合生产性能的初步研究, 吉林农业大学学报, 1979年 1.

(50) 戴俊英: 玉米大垄密植增产效果, 辽宁农业科学, 1978. 6.

(51) 吉林农业科学研究所: 1959年玉米密度试验年度总结, 1960. 4.

(52) 兰巨生: 美国玉米高产关键性措施—密植, 农业科技动态, 1981. 6.

(53) 吴绍璇: 玉米田的群体结构, 玉米栽培生理, 1980年.

(54) 百泉农专: 高产玉米不同群体生理基础的研究, 1980年.

(55) 严企松: 密植中几个问题的探讨, 安徽农业科学, 1962. 3.