

寒地高淀粉玉米“粒秆两用”种植模式研究

王宝生 (黑龙江省七星泡农场, 黑龙江嫩江 161436)

摘要 [目的]通过种植方式与密度互作提高玉米群体生产力,为寒地地区玉米“粒秆两用”提供理论和技术支持。[方法]以寒地高淀粉玉米(郑单958)为试验材料,通过对不同种植模式下的玉米产量、叶面积指数、光合性能、干物质积累以及茎秆含糖量等因素的分析,得出黑龙江寒地高淀粉玉米“粒秆两用”最适的种植模式。[结果]大垄双行覆膜(C1),在较高密度下因其保水和保温等因素影响,更有利于改善群体冠层垂直结构,延长叶片功能期,提高玉米群体叶面积指数,使玉米群体光合速率和叶绿素含量升高,构建高光效生产体系,促进库源协调发展,增加光合产物的干物质积累,提高玉米穗长、穗粒数和千粒重,最终提高玉米产量和茎秆含糖量;相关分析表明,产量与茎秆可溶性总糖含量呈不显著负相关关系,所以茎秆含糖量的提高不会影响产量;通径分析表明,叶绿素含量和单株干物重对单株茎秆可溶性总糖影响较大。[结论]结合子粒高产和茎秆高能两方面因素,采用大垄双行覆膜种植方式和90 000株/hm²的种植密度是高产、稳产的最优配置。

关键词 玉米;“粒秆两用”;种植模式;茎秆含糖量;产量

中图分类号 S504.8 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)20-050-05

Research on the "Dual Grain Stalk" Planting Pattern of High Starch Corn in Cold Area

WANG Bao-sheng (Heilongjiang Province Qixingpao farm, Nenjiang, Heilongjiang 161436)

Abstract [Objective]The research aimed to improve the productivity of maize population through the planting pattern and density interaction, and provide theoretical and technical support for corn "dual grain stalk" in cold area. [Method] With high starch maize (Zhengdan 958) of cold area as the experimental material, though investigating such as corn yield, leaf area index, properties of light, dry matter accumulation and stem sugar content, that factors was analysed and discusses under different planting patterns, and got the "dual grain stalk" optimal planting pattern of High Starch Corn in Heilongjiang Cold Area. [Result]The large double ridge mulching (C1) with high density was more conducive to the improvement of the canopy vertical structure, extension of leaves the functional period and increase the leaf area index of maize, increased the maize canopy photosynthetic rate and chlorophyll content, constructed high efficiency production system, promoted the coordinated development of library source increase the photosynthetic products and dry matter accumulation, improved the maize ear length, grain number per spike and thousand grain weight, and ultimately improved the yield and sugar content of corn stalk due to the increasing temperature moisture and other factors. The correlation analysis showed that yield and stem total soluble sugar content was not significant negative correlation, so did not affect the yield of stalk sugar content. Path analysis showed that the chlorophyll content and dry weight had greater impact on stem soluble sugar influence. [Conclusion] Combined with the kernel yield and stem high two factors, using large double ridge mulching plastic film, and 90 000 strains/hm² planting density was high and stable yield optimal allocation.

Key words Maize; "Dual grain stalk"; Planting pattern; Stem sugar content; Yield

玉米是世界上最具价值的粮食、饲料、加工和能源等多种用途的作物之一,被誉为21世纪的“谷中之王”^[1]。近年来,随着我国科技、经济的高速发展,加工工业不断强大,加工能力和工艺水平不断提高,许多工业品均由进口变为自主生产,如目前应用前景看好的玉米制的燃料乙醇,是替代石油燃料的新一代环保产品。我国在河南、吉林等地已经建成了大型的加工企业,高淀粉玉米将需求很大^[2]。

玉米不仅是粮食作物,也是能源作物。玉米作为能源作物,不仅其子粒中的淀粉、茎秆中的纤维素和半纤维素可以用来生产燃料乙醇,且其茎秆中糖质也可用于生产燃料乙醇^[3-8],利用玉米茎秆中的糖质提取燃料乙醇具有一定的优势,不另占用耕地,不与民争粮,生产原料广泛,原料成本价格低,加上糖质乙醇加工本身成本低的优势,因此利用玉米秸秆生产燃料乙醇是一个具有一定发展前景的燃料乙醇生产新途径,符合我国国情和国家鼓励使用非粮原料生产乙醇的产业政策^[9]。因此,在保证高淀粉玉米子粒正常收获的同时,如何维持茎秆含糖量和生物产量是玉米燃料乙醇生产的关键。该试验以高淀粉玉米品种郑单958为试验材料,选用

寒地广泛应用的传统小垄、垄上双行和垄上双行覆膜的种植模式,研究不同种植模式对高淀粉玉米茎秆含糖量和产量的影响,探明黑龙江寒地高淀粉春玉米“粒秆两用”最适的种植模式,以期进一步提升玉米生产能力、提高玉米茎秆的高效利用率,为黑龙江寒地地区建立子粒高产和茎秆高能提供理论和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地概况及品种 试验于2013年5~10月在黑龙江八一农垦大学农学院试验基地进行,试验田地力均匀,地势平坦,0~20 cm耕作层有机质含量16.14 g/kg、全氮160.65 mg/kg、速效磷7.32 mg/kg、速效钾30 mg/kg, pH为8.38。试验选用高淀粉玉米杂交种郑单958为材料。

1.2 试验设计 试验采用裂区设计,种植方式为主区,密度为副区。种植方式分别为大垄双行覆膜(C1)、大垄双行(C2)、传统小垄(C3)。C1:垄距为110 cm,垄上植株行距为50 cm,两垄间相邻植株行距为60 cm,边起垄边覆膜,膜与膜之间不留空隙,相接处用土压住地膜;C2:垄距、垄上行距及相邻垄间行距同C1;C3:垄距65 cm;设计4个种植密度分别为6.0(D1)、7.5(D2)、9.0(D3)、10.5(D4)万株/hm²。总计12个处理,3次重复,共36个小区,每个小区6行,长为10 m。各处理均为人工播种、覆膜、定苗和追肥。在三叶期定苗,达到设计密度。底肥施纯N 225.0 kg/hm²、P₂O₅ 172.5

基金项目 “十二五”农村领域国家科技计划课题(2013BAD07B01-02)。

作者简介 王宝生(1970-),男,山东肥城人,高级农艺师,硕士,从事作物高产栽培研究。

收稿日期 2015-05-21

kg/hm²、K₂O 150.0 kg/hm²,在拔节期追施纯 N 138.0 kg/hm²,其他栽培管理措施同一般高产玉米田。

1.3 测定项目

1.3.1 叶面积指数的测定。在玉米出苗后 20、40、60、80、100、120 d,在每个处理小区前、中、后随机取 3 点,各点取 3 株长势一致植株测定叶面积。单株叶面积 = 长 × 宽 × 0.75。叶面积指数(LAI) = 单株叶面积 × 单位土地面积内的株数/单位土地面积。

1.3.2 光合速率和叶绿素含量的测定。在晴天 09:00 ~ 12:00使用便携式光合仪(Li-6400,USA)进行光合速率的测定,大喇叭口期前取植株最后一片全展叶片,大喇叭口期后取穗位叶片测定,重复 3 次。同时取样测定叶绿素含量,采用丙酮和乙醇等体积混合后浸泡,在暗处充分提取 10 h,分别在 645 和 663 nm 波长下测定光吸收值,计算叶片叶绿素含量。

1.3.3 干物质积累的测定。从各处理小区选取生育进程一致、叶片无病斑和破损的健康植株地上部分,带回实验室后,105℃杀青 30 min,80℃烘至恒重称干重,重复 3 次。

1.3.4 茎秆可溶性糖的测定。将烘干的茎秆粉碎测定上述时期的茎秆可溶性总糖含量,含糖量测定方法采用蒽酮比色法进行测定。

1.3.5 收获及考种。成熟时收获各处理中间两垄全部果穗,进行测产,田间直接测定鲜穗重量,带回实验室脱水(14%折算)实际产量,并随机抽取 10 穗进行考种。

1.4 数据分析 用 Excel 2003 进行整理分析试验数据并作图,用 SPSS19.0 软件作相关的统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同种植模式对玉米产量及其构成因素的影响 从表 1 可看出,不同种植方式对高淀粉玉米郑单 958 的产量均具有极显著的影响($P<0.01$)。种植方式 C1 的产量最高,平均达 12 646.18 kg/hm²,其次是 C2,其中 C1 比 C2、C3 种植方式分别高出 11.33%、27.20%;C1、C2 和 C3 三者之间产量差异极显著。不同密度间,产量达到极显著水平($P<0.01$),其中玉米植株在 D4 密度下的产量显著高于其他密度处理,D2 与 D3 差异不显著,D1 下产量最低。不同种植方式下,玉米产量构成因素在不同密度下变化规律不同,C1 的穗长、穗粒数和千粒重均显著高于 C2 和 C3,C2 与 C3 之间的穗长、穗粒数和千粒重差异均不显著;不同密度下,D1 的穗长和千粒重显著高于 D2、D3 和 D4;D1 的穗粒数与 D2 差异不显著,但显著高于其他密度处理;D2 的穗长和穗粒数与 D3 差异不显著,但显著高于 D4;D3 与 D4 的穗粒数差异不显著;C1 的千粒重显著高于 C2 和 C3,C2 与 C3 之间差异不显著。由此可以看出,产量随着种植密度增加而显著提高,其穗长、穗粒数和千粒重均随着密度增加而显著下降。种植方式和密度间存在极显著的互作效应($P<0.01$)。穗长、穗粒数和千粒重是限制产量提高的主要因素,所以在一定密度下,适宜的种植模式可以有效调节产量构成三因素之间的矛盾,构建良好的冠层结构,最终实现高产。

表 1 不同种植方式和密度对产量及产量构成因素的影响

项目	处理	产量//kg/hm ²	穗长//cm	穗粒数	千粒重//g
种植模式	C1	12 646.18 ± 113.61a	20.56 ± 0.37a	596.04 ± 6.37a	393.38 ± 12.03a
	C2	11 359.35 ± 362.66b	18.15 ± 0.41b	571.89 ± 1.67b	354.00 ± 4.04b
	C3	9 942.04 ± 102.36c	17.63 ± 0.24b	563.96 ± 2.80b	323.03 ± 3.07b
种植密度	D1	10 462.34 ± 108.57c	20.82 ± 0.15a	596.67 ± 8.48a	379.29 ± 9.47a
	D2	11 660.14 ± 55.26b	19.19 ± 0.40b	578.89 ± 2.77ab	349.49 ± 4.81b
	D3	11 827.62 ± 38.38b	18.62 ± 0.32b	560.46 ± 1.64bc	329.33 ± 3.43c
	D4	12 310.78 ± 107.09a	17.14 ± 0.33c	544.78 ± 6.76c	300.46 ± 1.99d
F 值	种植模式	81.646**	20.2148**	16.333**	17.006**
	种植密度	88.793**	31.347**	15.807**	35.861**
	种植模式 × 密度	29.536**	6.903**	48.935**	93.446**

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。“**”表示 0.01 水平上差异显著。

2.2 不同种植模式对叶面积指数(LAI)的影响 图 1 表明,LAI 随种植密度增加而增大,不同密度下最大 LAI 出现的时间基本一致,均出现在出苗后 60 d 左右。同一种植方式下,植株的最大 LAI 均值分别为 6.119(C1)、5.952(C2)和 5.852(C3),到出苗后 120 d 均值分别下降 28.08%(C1)、30.86%(C2)和 52.71%(C3)。由此表明,随密度增加,叶片间相互遮挡增大,后期植株间竞争加剧,叶片衰老加快。不同密度下各种植方式的 LAI 表现不同,但不同密度下 C1 的叶面积指数均显著高于 C2 和 C3;在 D1、D2、D3 和 D4 密度下,C1 处理下的 LAI 始终最高,其平均值分别高出同密度其他各处理 7.16%(C2)和 13.84%(C3)、9.17%(C2)和 10.64%

(C3)、2.05%(C2)和 2.56%(C3)、1.01%(C2)和 3.70%(C3)。由此可见,C1 更有利于在高密度条件下提高叶面积指数,进而促进光合库源的扩大。

2.3 不同种植模式对光合速率的影响 由图 2 可知,随生育进程推进叶片光合速率呈先升高后降低的动态变化趋势,均在出苗后 80 d 左右达到最高值,且随密度增加植株主要功能叶片的光合速率相应降低;在生育后期高密度下光合速率下降较快,说明高密度下叶片衰老较快。同种植方式下,植株的最大光合速率均值分别为 29.218(C1)、27.937(C2)和 26.798(C3) μmol/(m²·s),到出苗后 120 d 均值分别下降 67.95%(C1)、70.41%(C2)和 73.64%(C3)。不同密度下各

种植方式的光合速率表现不同,但不同密度下 C1 的光合速率均显著高于 C2 和 C3;在 C1 处理下的光合速率始终最高,其在 D1、D2、D3 和 D4 密度下,其光合速率平均值分别高出同密度其他各处理 7.92% (C2) 和 13.40% (C3)、7.11%

(C2) 和 13.79% (C3)、20.24% (C2) 和 13.61% (C3)、4.47% (C2) 和 31.74% (C3)。由此可见,随着密度增加 C1 更有利于光合速率的提高。

2.4 不同种植模式对叶绿素含量的影响 图 3 表明,植株

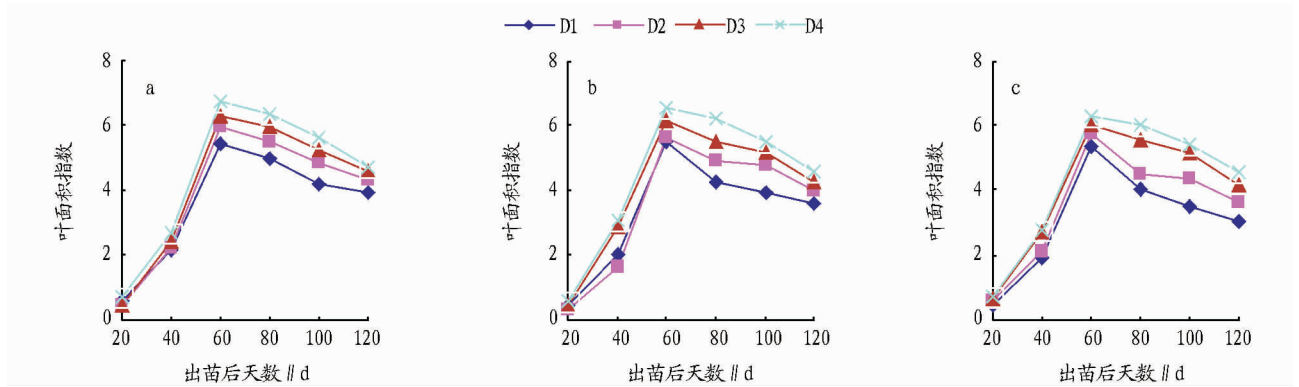


图 1 C1(a)、C2(b)和 C3(c)不同种植方式和密度对叶面积指数的影响

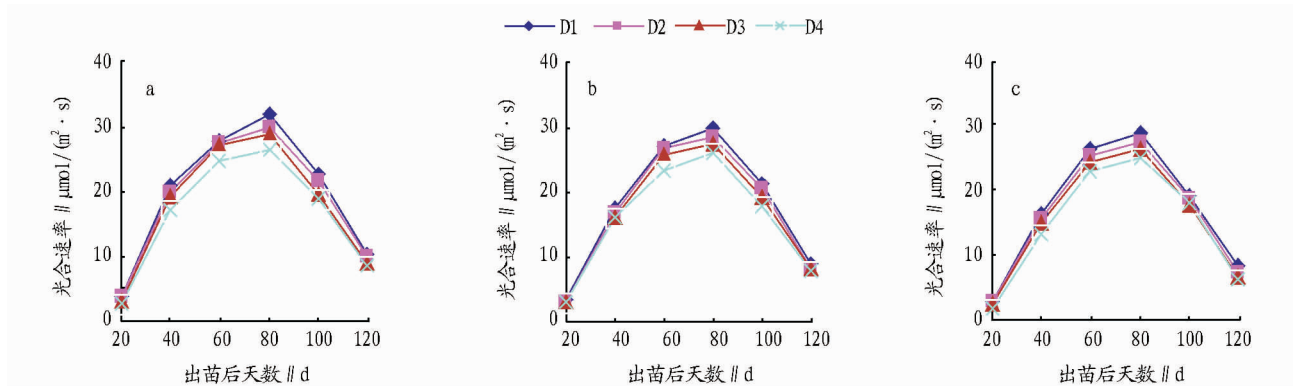


图 2 C1(a)、C2(b)和 C3(c)不同种植方式和密度对光合速率的影响

主要功能叶片的叶绿素含量随种植密度提高而降低,随生育进程呈单峰曲线变化,均在出苗后 80 d 左右达到最高值,在生育后期高密度下叶绿素值下降较快,说明高密度下叶片衰老较快。这一点与光合速率的变化相吻合。同种植方式下,植株的最大叶绿素含量均值分别为 4.073 (C1)、3.968 (C2)和 3.492 (C3) mg/g,到出苗后 120 d 均值分别下降 46.13% (C1)、53.08% (C2)和 52.35% (C3)。不同密度下各

种植方式的叶绿素含量表现不同,但不同密度下 C1 的叶绿素含量均显著高于 C2 和 C3;在 C1 处理下的叶绿素含量始终最高,其在 D1、D2、D3 和 D4 密度下,其叶绿素含量平均值分别高出同密度其他各处理 8.63% (C2)和 21.20% (C3)、8.25% (C2)和 26.21% (C3)、9.97% (C2)和 29.25% (C3)、12.09% (C2)和 35.36% (C3)。由此可见,随着密度增加 C1 的优势更加突出。

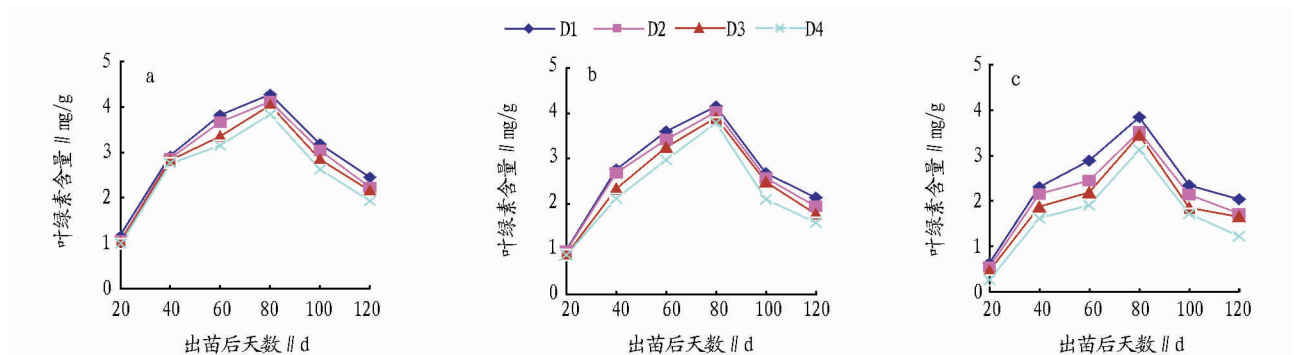


图 3 C1(a)、C2(b)和 C3(c)不同种植方式和密度对叶绿素含量的影响

2.5 不同种植模式对干物质积累的影响 干物质积累是产量形成的基础,不同种植方式和密度对植株地上部单株和群体的干物质积累总量差异均达到极显著水平(表 2)。不同种植方式下,除花后群体干物质重 C1 与 C2 差异不显著外,

单株和群体的花前、花后和总干物质重均表现为 C1 显著高于 C2 和 C3,且 C3 处理最低,说明大垄种植模式有效地调节了植株个体与群体间的竞争,更有利于花后干物质积累。不同密度下,整个生育进程中,单株干物质积累量随密度的增

加而减少,且差异显著;群体的干物质积累量随密度的增加而增加,且差异显著。其中,群体和单株的花后干物质积累量 D3 与 D4 之间差异不显著,种植方式和密度间存在着极显

著的互作效应,二者互作对群体和单株的开花前干物质重、开花后干物质重和总干物质重均表现极显著差异。

2.6 不同种植模式对茎秆可溶性总糖的影响 由出苗后

表 2 不同种植方式和密度对干物质积累的影响

项目	处理	开花前干物质重		开花后干物质重		总干物质重	
		群体//kg/hm ²	单株//g/株	群体//kg/hm ²	单株//g/株	群体//kg/hm ²	单株//g/株
种植方式	C1	18 266.59 ± 78.35a	223.04 ± 0.98a	13 304.13 ± 209.50a	163.41 ± 1.50a	31 570.73 ± 148.06a	386.46 ± 1.47a
	C2	17 252.79 ± 185.68b	211.35 ± 2.08b	12 354.46 ± 322.62ab	152.68 ± 3.62b	29 607.25 ± 159.36b	364.03 ± 1.92b
	C3	16 872.54 ± 171.69b	206.13 ± 2.02b	11 739.10 ± 281.26b	146.21 ± 3.57b	28 611.64 ± 115.34c	352.34 ± 1.60c
种植密度	D1	13 615.74 ± 32.92d	226.93 ± 0.55a	10 518.39 ± 299.24c	175.31 ± 4.99a	24 134.13 ± 268.88d	402.24 ± 4.48a
	D2	16 196.93 ± 189.60c	215.96 ± 2.53b	11 892.82 ± 459.80b	158.57 ± 6.13ab	28 089.75 ± 296.63c	374.53 ± 3.96b
	D3	18 759.39 ± 116.37b	208.44 ± 1.29c	13 277.91 ± 593.11a	147.53 ± 6.59bc	32 037.30 ± 532.64b	355.97 ± 5.92c
	D4	21 283.84 ± 64.93a	202.70 ± 0.62d	14 174.46 ± 230.65a	135.00 ± 2.20c	35 458.30 ± 291.75a	337.70 ± 2.78d
F 值	种植方式	22.226 **	24.128 **	8.213 *	8.077 *	112.192 **	107.382 **
	种植密度	795.382 **	50.093 **	14.543 **	10.572 **	181.387 **	38.690 **
	种植方式 × 密度	122.076 **	12.944 **	6.799 **	5.221 **	88.395 **	23.466 **

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理在 0.05 水平上差异显著。“*”和“**”分别表示 0.05 和 0.01 水平上差异显著。

40、60、80、100、120 d 茎秆可溶性总糖的变化(图 4)可知,茎秆可溶性糖含量随着生育进程的推进而逐渐增加,随密度增加呈逐渐减少的趋势。植株在出苗后 80 d,C1、C2、C3 种植方式下可溶性糖含量最高的分别为 31.57% (D1)、27.75% (D1)、27.15% (D1);在出苗后 120 d 可溶性糖含量最高分别为 22.62% (D2)、23.95% (D1)、22.10% (D1);表明低密度下玉米单株茎秆能够储存更多糖分,这可能是由于生育后期株间通风透光不良导致光合作用降低,而无法合成更多有机物供给植株积累。不同种植方式间,C1 茎秆可溶性总糖含量的平均值高于 4.16% (C2)和 4.57% (C3),表明 C1 能更好

地使植株光合作用延长,积累更多的光合产物。从其平均趋势可以看出,可溶性糖量出苗后 80 d > 60 d > 100 d > 120 d > 40 d,在生育后期茎秆可溶性总糖含量变化趋缓。茎秆含糖量整体出现低 - 高 - 低 - 高的变化趋势,呈抛物线状。第一个峰值为出苗后 80 d 左右达到最高,然后下降,这种下降可能是由于灌浆期子粒为植株的优势部位,光合产物等优先向子粒运输,茎秆含糖量逐渐下降;120 d 后稍增,即子粒此时已完全成熟,玉米植株茎秆枝叶部分合成的糖分不再供应子粒,只供给自身消耗,光合产物等养分可能会较多地积累在茎秆中,含糖量微有增加。

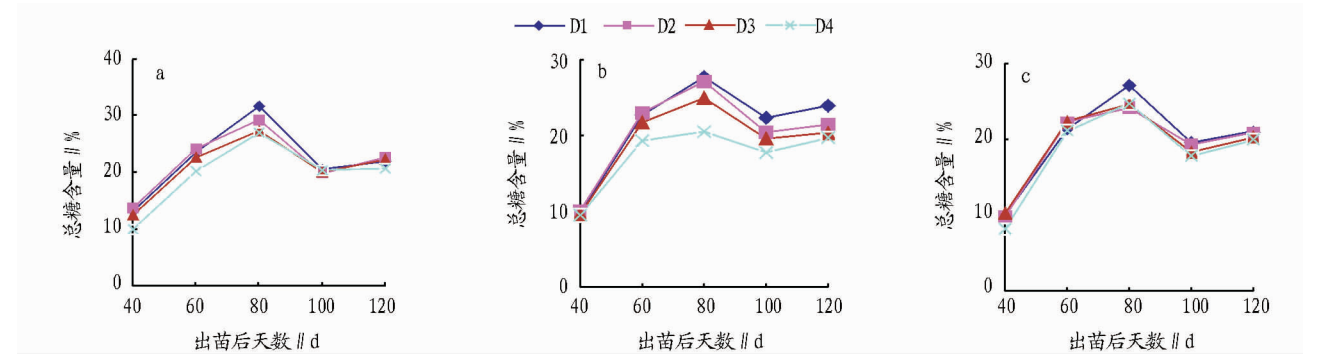


图 4 C1(a)、C2(b)和 C3(c)不同种植方式和密度对茎秆可溶性总糖影响

2.7 茎秆可溶性总糖与其他性状的相关性分析 从表 3 可看出,茎秆可溶性总糖与光合速率、叶绿素和单株干物重均呈正相关,与产量和叶面积指数呈负相关,其中与单株干物重的相关性达显著水平。说明花前和花后充足的干物质积累、维持较强的光合速率、保持较高的叶绿素含量对茎秆可溶性总糖有明显的促进作用;虽然与子粒产量呈负相关,但其相关性未达显著水平,所以提高玉米茎秆含糖量不会影响玉米产量;通径分析表明,单株干物重直接作用最大,叶面积指数次之。总糖产生一定负值的间接作用,叶绿素通过单株干物重对茎秆可溶性总糖的间接作用较大,其间接通径系数 2.413。但由于该值较大,从而使叶绿素对茎秆可溶性总糖的影响较大。因此,叶绿素含量和单株干物重对单株茎秆可

溶性总糖增加具有重要作用。

3 结论与讨论

玉米的产量高低是植株的群体和个体两方面共同决定的。密度是决定玉米生理性状的主要因素^[10],适当增加种植密度是玉米获得高产的主要途径之一,而种植方式可以协调高密度条件下群体内的光照、温度、湿度、养分供给等状况,提高作物群体光合作用并最终作用于产量^[11],玉米产量随密度增加而提高,密度达到一定程度之后,随着密度的增加产量反而下降^[12],合理的栽培模式可以在保证玉米产量增加的同时适量增加种植密度^[13]。在该试验中,不同密度条件下,C1 下的玉米产量均极显著高于 C2 和 C3;不同种植方式下,D4 下的玉米产量也极显著均高于其他处理。表明

合理的种植模式可以缓解高密度条件下个体之间相互竞争,有效地激发玉米个体发育潜力,使玉米群体与个体得到协调发展,从而提高作物群体产量。李猛等研究表明玉米采用宽窄行方式种植可增加穗长、穗粗、穗行数、行粒数,降低秃尖长,从而提高玉米的产量^[14-16]。该研究结果表明,种植方式

和密度显著影响产量构成因素,随密度增加,各产量构成因素显著降低,较高密度下,C1 下的穗长、穗粒数和千粒重均显著高于 C2 和 C3,说明玉米在高密度条件下产量的提高主要是通过提高玉米穗长、行粒数和千粒重来实现的。

沈秀瑛等研究认为玉米叶面积、光合效率、光合产物的

表 3 茎秆可溶性总糖与其他性状的相关性分析

变量	平均值	标准差	相关系数	通径系数						
				直接作用	间接作用					
					总和	产量	光合速率	叶面积指数	叶绿素	单株干物重
产量	11 565.219	1.244	-0.564	-0.304	-0.259		0.788	-0.140	0.650	-1.556
光合速率	8.231	720.914	0.671	-0.950	1.619	0.252		-0.045	-0.796	2.208
叶面积指数	4.116	1.214	-0.314	0.526	-0.840	0.081	0.082		0.235	-1.237
叶绿素	1.907	0.333	0.761	-0.850	1.612	0.233	-0.889	-0.145		2.413
单株干物重	367.608	29.443	0.829*	2.535	-1.707	0.187	-0.827	-0.257	-0.809	

注: * 表示相关性达到 0.05 的显著水平。

积累与分配决定作物的群体产量^[17],叶绿素含量、光合速率均随种植密度的增加呈逐渐下降趋势^[18]。在该试验中,随密度增加,C1 的群体 LAI 显著高于 C2 和 C3,茎叶保绿性高,维持并扩大了较大的光合源。光合作用是作物群体产量形成的基础,在该研究 4 种密度下,C1 种植方式均高于其他处理,且随密度的增加优势越显著,植株主要功能叶片的光合速率和叶绿素含量随种植密度提高而降低,随生育进程呈单峰曲线变化,均在出苗后 80 d 左右达到最高值。杨克军等研究认为干物质的积累随群体结构的不同而变化,大小行栽培方式有效地调节了植株个体与群体间的矛盾,提高了干物质积累量,为产量形成和提高奠定了物质基础^[19]。该研究表明,不同种植模式下,除花后群体干物质重 C1 与 C2 差异不显著外,单株和群体的花前、花后和总干物质重均表现为 C1 显著高于 C2 和 C3,其中 C3 最低,且 C1 随密度提高优势更加突出;D3 密度下,更有利于群体和个体花后干物质积累量、总干物质积累量增加、协调群体结构。李刚等研究表明蜡熟期后茎秆含糖量变化趋缓,茎秆含糖量整体出现低-高-低-高的趋势^[20]。该研究也有类似的现象出现,且在较高密度压力下,C1 下的茎秆可溶性总糖含量最高。相关分析显示,产量与茎秆可溶性总糖含量呈不显著负相关关系。通径分析表明,叶绿素含量和单株干物重对单株茎秆可溶性总糖影响较大。

以上结果表明,C1 更有利于在高密度条件下改善群体冠层垂直结构、延长叶片功能期、提高玉米群体叶面积指数,使玉米群体光合速率和叶绿素含量升高,构建了高光效生产体系,促进库源协调发展,增加光合产物的干物质积累,提高玉米穗粒数和千粒重,最终提高玉米产量和茎秆含糖量。结合子粒高产和茎秆高能两方面因素,在该试验条件下,以郑单 958 为材料,采用大垄双行覆膜种植方式和 90 000 株/hm² 的种植密度是高产、稳产的最优配置。该结论是在特定区域的试验中获得,品种单一,适用范围还需要进一步验证。

参考文献

[1] 杨智超,张力军. 黑龙江垦区玉米生产现状及发展对策[J]. 现代化农业,2013(5):11-12.

[2] 李晓亮,王常芸. 我国专用玉米的研究利用现状及发展前景[J]. 玉米科学,2004,12(4):106-109.

[3] WIDSTROM N W, CARR M E, BAGBY M O, et al. Distribution of suger and soluble solids in the maize stalk[J]. Journal of Maize Sciences, 1988, 28:861-863.

[4] 李风华,董海合,吴俊强. 茎秆高糖的能源玉米新品种选育研究[J]. 玉米科学,2007,15(3):19-21.

[5] SOKHANANJ S, TURHOLLOW A, CUSHMAN J, et al. Engineering aspects of collecting corn stover for bioenergy[J]. Biomass and Bioenergy, 2002, 23(5):347-355.

[6] WIDSTROM N W, BAGBY M O, PALMER D M. Relative stalk sugar yields among maize populations cultivars and hybrids[J]. Crop Sci, 1984, 24:46-61.

[7] GORE H C. Alcohol yielding power of succulent corn stalk juice[J]. Fruit Prod J Am Food Manuf, 1947, 24:46-61.

[8] BLACKSHAW G N. The suger content of maize stalks[J]. South Afr J Sci, 1912, 9:42-48.

[9] 卞云龙,邓德祥,王益军,等. 玉米茎秆糖分研究与应用进展[J]. 江苏农业科学,2010(5):19-21.

[10] 刘武仁,刘凤成,冯艳春,等. 玉米不同密度的生理指标研究[J]. 玉米科学,2004,12(S2):82-83,87.

[11] 王敬亚,齐华,梁熠,等. 种植方式对春玉米光合特性、干物质积累及产量的影响[J]. 玉米科学,2009,17(5):113-115,120.

[12] 格屏亚,程延年. 玉米密度与产量因素关系的研究[J]. 北京农业科学,1995,13(1):23-25.

[13] 王天铎. 光合作用与作物产量[J]. 植物生理学通讯,1988(1):52-53.

[14] 李猛,蔡宗兴,万明长,等. 不同种植方式对玉米产量的影响[J]. 贵州农业科学,1999,27(S1):53.

[15] 范厚明,余莉,余慧明. 不同种植方式对玉米生长发育及产量的影响[J]. 贵州农业科学,2003,31(4):25-26.

[16] 陆雪珍,沈雪芳,沈才标,等. 不同种植密度下糯玉米产量及相关性状研究[J]. 上海农业学报,2008,24(2):61-64.

[17] 沈秀瑛,戴俊英,胡安畅,等. 玉米群体冠层特征与光截获及产量关系的研究[J]. 作物学报,1993,19(3):246-252.

[18] 杨晴,王文颇,韩金玲,等. 冀东地区密度对夏玉米光合、呼吸及产量的影响[J]. 玉米科学,2009,17(4):66-69.

[19] 杨克军,萧常亮,李明,等. 栽培方式与群体结构对玉米生长发育及产量的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报,2005,17(4):9-12.

[20] 李刚,马骏,杨立国,等. 高茎糖玉米自交系不同生育时期茎糖含量与子粒产量的关系研究[J]. 玉米科学,2012,20(5):21-24.