

# 割苗和密度互作对春玉米生长发育及产量的影响

刘玉兰<sup>1</sup>,陈殿元<sup>1</sup>,郑玉石<sup>2</sup>,范文忠<sup>1</sup>,李永鹏<sup>1</sup>,孙 山<sup>1</sup>,王 涛<sup>1</sup>,翟文博<sup>1</sup>  
(1. 吉林农业科技学院,吉林 吉林 132101; 2. 吉林省扶余市三岔河镇农业技术推广站,吉林 扶余 131200)

**摘要:**以先玉335为试验材料,研究割苗(割苗处理为A1,不割苗处理为A2)和密度(6.0万、7.0万、8.0万、9.0万、10.0万株/hm<sup>2</sup>,分别用B1、B2、B3、B4、B5表示)互作对吉林省春玉米生长发育及产量的影响,以期为高密度栽培条件下提高春玉米产量提供新的技术途径。结果表明,随着种植密度的增加,生育进程推后,生育期延长1~7 d,株高、穗位高增加;茎粗、叶绿素含量、单株叶面积、棒三叶叶面积均降低;穗部性状有变劣的趋势,除百粒质量外,割苗处理在B1、B2、B3条件下各性状差异总体上均不显著,且优于常规种植(A2B1)处理;产量、穗收获率总体上均呈降低趋势,籽粒含水量总体上呈增加趋势。相同种植密度下,割苗使春玉米生育进程推后,生育期延长2~3 d;株高、穗位高、茎节数、单株叶面积、棒三叶叶面积、秃尖长(A1B5处理除外)降低;叶绿素含量、根数、茎粗、穗长、穗粗、行粒数、百粒质量、穗粒数、籽粒含水量均增加;大喇叭口期和吐丝期根冠比增加;穗收获率提高;产量极显著提高,其中,A1B1、A1B2、A1B3处理产量均极显著高于其他处理,分别比A2B1处理增产13.81%、24.13%、21.85%,其他处理均低于A2B1处理。综上,在种植密度6.0万~8.0万株/hm<sup>2</sup>条件下,适时割苗能增加春玉米产量。

**关键词:**春玉米;割苗和密度互作;生长发育;产量

**中图分类号:**S513      **文献标志码:**A      **文章编号:**1004-3268(2019)09-0007-07

## Effects of Interaction of Cutting Seedlings with Planting Density on Growth and Yield of Spring Maize

LIU Yulan<sup>1</sup>,CHEN Dianyuan<sup>1</sup>,ZHENG Yushi<sup>2</sup>,FAN Wenzhong<sup>1</sup>,LI Yongpeng<sup>1</sup>,  
SUN Shan<sup>1</sup>,WANG Tao<sup>1</sup>,ZHAI Wenbo<sup>1</sup>

(1. Jilin Agricultural Science and Technology University, Jilin 132101, China;  
2. Sanchahe Agro-technical Extension Station of Fuyu in Jilin, Fuyu 131200, China)

**Abstract:** Taking Xianyu 335 as experimental material, the effects of cutting seedlings [cutting seedlings treatment (A1), non-cutting seedlings treatment (A2)] and planting density [60 000 (B1), 70 000 (B2), 80 000 (B3), 90 000 (B4) and 100 000 (B5) plants/ha] on the growth and yield of spring maize in Jilin Province were studied, so as to provide a new technical way for increasing spring maize yield under high-density cultivation condition. The results showed that with the increase of planting density, the growth process was delayed, and the growth period was prolonged for 1—7 days; plant height and ear height increased; stem diameter, chlorophyll content, leaf area per plant and area of three ear leaves decreased; ear traits tended to deteriorate, which (except 100-grain weight) of cutting seedlings treatment were not significantly different under B1, B2 and B3 conditions, and superior to conventional planting treatment (A2B1); yield, harvest rate of ear decreased, and water content of grain increased on the whole. Under

收稿日期:2019-02-20  
基金项目:吉林省大学生科技创新创业训练计划项目(2018047);吉林农业科技学院作物遗传育种改良与种质创新工程基金项目(119092018002)  
作者简介:刘玉兰(1971-),女,吉林大安人,高级实验师,硕士,主要从事作物栽培及良种繁育研究。  
E-mail:jillyl2006@163.com  
通信作者:陈殿元(1963-),男,吉林农安人,教授,硕士,主要从事作物栽培与育种研究。E-mail:JLcdy@sina.com

the same planting density, cutting seedlings delayed the growth process of spring maize, and prolonged growth period for 2—3 days; plant height, ear height, node number, leaf area per plant, area of three ear leaves and barren tip length (except A1B5 treatment) of cutting seedlings treatments decreased; chlorophyll content, number, stem diameter, ear length, ear diameter, grain number per row, 100-grain weight, grain number per ear and water content of grain of cutting seedlings treatments increased; root-shoot ratio of cutting seedlings treatments increased at big trumpet stage and silking stage; harvest rate of ear of cutting seedlings treatments increased; yield of cutting seedlings treatments extremely significantly increased, and the yields of A1B1, A1B2 and A1B3 treatments were extremely significantly higher than that of other treatments, which increased by 13.81%, 24.13% and 21.85% compared with A2B1 treatment, respectively. To sum up, timely cutting seedlings could increase spring maize yield under the planting density of 60 000—80 000 plants/ha.

**Key words:** Spring maize; Interaction of cutting seedlings with planting density; Growth and development; Yield

玉米 (*Zea mays*) 是我国三大粮食作物和重要饲料作物之一, 在国民经济中占有非常重要的地位<sup>[1]</sup>。赵明等<sup>[2]</sup>研究表明, 我国玉米产量提高仍有较大潜力。关于如何提高玉米产量问题, 我国研究者已经进行了大量的研究, 多集中在种植方式的更新、栽培措施的调控、栽培技术的改进等方面<sup>[3-6]</sup>。种植密度是影响玉米产量的一个重要栽培因子<sup>[7-8]</sup>, 当前玉米产量的提高部分归因于种植密度的增加, 但高种植密度条件下植株中下部叶片光照条件变差, 叶片功能期缩短, 叶片早衰, 降低了群体生产能力<sup>[9]</sup>。因此, 探讨玉米高产高效栽培方法意义重大。

玉米割苗增产抗倒伏新技术是苏宝健在河北廊坊以单纯的物理手段改变玉米的营养生长分配、实现玉米大幅度增产的技术手段<sup>[10]</sup>。近年来, 玉米增产防倒伏割苗机<sup>[11]</sup>的出现打破了对传统玉米栽培技术的认识, 但玉米割苗在学术界和实践上仍有着不同的看法。郭智慧等<sup>[12]</sup>研究表明, 不同时期刈割玉米主茎对产量的影响不同, 拔节期刈割主茎处理玉米籽粒产量显著下降; 大喇叭口期刈割主茎处理科多 8 号籽粒产量显著提高, 泰玉 2 号籽粒产量降低, 但郑单 958 在大喇叭口期刈割主茎后迅速死亡。张春燕等<sup>[13]</sup>研究认为, 由于不同地区的光热资源差异, 玉米割苗后表现出不同的增产效果。张凤路等<sup>[14]</sup>研究表明, 玉米在 5~7 叶割苗, 增产 20.2%, 千粒质量增加 3.3%, 与不割苗处理相比, 割苗处理降低了玉米的株高和穗位高, 茎秆变细。曹彩云等<sup>[15]</sup>研究表明, 随刈割时间的延后, 刈割对玉米的影响增大, 表现为抽雄吐丝时间推迟, 株高和穗位高降低, 绿叶数目减少, 叶面积下降, 产量下降, 以 3 叶期刈割处理减产幅度最小; 随着刈割密度的增加, 刈

割处理产量呈现下降的趋势, 且较对照先降低后增加, 说明适当刈割与增加密度配合使用具有一定的增产效果。

东北地区玉米生产在我国玉米生产中占有重要地位, 该区玉米产量约占全国玉米总产量的 31%, 吉林省玉米产量占东北地区玉米总产量的 40% 左右<sup>[16]</sup>。因此, 研究提高玉米单产的途径对吉林省玉米生产具有重要意义。目前, 玉米割苗增产抗倒伏新技术在东北地区尚未大面积推广, 针对这种情况, 结合不同种植密度栽培, 研究割苗和密度互作对春玉米生长发育及产量的影响, 以期高密度栽培条件下提高春玉米产量提供新的技术途径。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料

供试春玉米品种为先玉 335, 在吉林省常规种植密度为 6.0 万株/hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验设计

试验于 2017—2018 年在吉林农业科技学院农学院实习农场进行。2017 年试验采用双因素随机区组设计, 双因素分别为是否割苗 (A) 和种植密度 (B)。其中, 割苗用 A1 表示, 不割苗用 A2 表示。5 种植密度分别为 6.0 万、7.0 万、8.0 万、9.0 万、10.0 万株/hm<sup>2</sup>, 分别用 B1、B2、B3、B4、B5 表示。种植方式采用垄作栽培, 5 月 3 日人工单粒等株距点播, 每处理播种 14 行, 行长 10 m, 行距 0.65 m, 小区面积 91 m<sup>2</sup>。春玉米长到 5~6 叶时, 割苗处理小区将春玉米苗从根部起第 1 个叶片以上的部分全部割掉。共 10 个处理, 每个处理重复 3 次, 其他栽培管理措施同当地大田玉米。2018 年, 在 2017 年研究的基础上再次进行割苗与密度互作试验, 各处理与

2017 年相同,随机区组设计,小区面积 70 m<sup>2</sup>,3 次重复。5 月 7 日播种,由于春季干旱,5 月 20 日进行了浇灌,出苗比历年晚,没有进行生长性状调查,只进行了产量指标和穗部性状考查。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 生育进程 观察记录不同处理春玉米的生育时期。

1.3.2 叶面积 在每个小区内选连续的有代表性的植株 5 株,分别于大喇叭口期、吐丝期、灌浆期、蜡熟期测量叶片长(L)、宽(W),计算叶面积(LA)。LA = L × W × 0.75(矫正系数)。

1.3.3 叶绿素含量(SPAD 值) 在每个小区内选连续的有代表性的植株 5 株,分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期、灌浆期、蜡熟期,用手持便携式 SPAD-502 型叶绿素仪(Konika-Minolta 公司,日本)测定叶片中部的 SPAD 值。拔节期和大喇叭口期测定最上部展开叶,吐丝期、灌浆期和蜡熟期测定穗位叶。每个叶片上面均匀取 5 个点测定,取平均值。

1.3.4 干物质积累 各处理分别于拔节期、大喇叭口期、吐丝期、蜡熟期取有代表性的植株 5 株,调查植株根数,并于大喇叭口期、吐丝期、蜡熟期取有代表性的植株 5 株,调查根数及地上部、地下部干质量,计算根冠比。

1.3.5 地上部植株性状 成熟期,每处理选有代表性的植株 10 株,调查株高、穗位高、茎粗及茎节数,茎粗测量近地面第 3 节中部粗度。

1.3.6 产量及其构成因素 成熟期,每处理收获中间 4 行测产,调查株数、穗数,计算穗收获率,穗收获率 = 穗数/株数 × 100%;根据质量均值法取有代表性的穗 20 个进行室内考种,考查穗长、穗粗、穗行数、行粒数、秃尖长、穗粒数、籽粒含水量和百粒质量等。

1.4 数据处理与分析

试验数据采用 Excel 2007 及 DPS 7.05 进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 割苗和密度互作对春玉米生长发育的影响

2.1.1 生育进程 由表 1 可知,在相同种植密度下,割苗处理春玉米各生育时期均较未割苗处理延后,生育期延长 2~3 d。随着种植密度的增加,春玉米的生育进程推后,其中,割苗处理拔节期总体推迟 1~5 d,大喇叭口期、吐丝期、乳熟期、完熟期总体上均推后 1~6 d,生育期延长 1~7 d。由此看出,割苗和增加种植密度均使春玉米各生育时期延后,生育期延长。

表 1 割苗和密度互作对春玉米生育进程的影响

Tab.1 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on growth process of spring maize							
处理 Treatment	出苗期/ (月-日) Seeding stage/ (Month-day)	拔节期/ (月-日) Jointing stage/ (Month-day)	大喇叭口期/ (月-日) Big trumpet stage (Month-day)	吐丝期/ (月-日) Silking stage/ (Month-day)	乳熟期/ (月-日) Milking stage/ (Month-day)	完熟期/ (月-日) Mature stage/ (Month-day)	生育期/d Growth period
A1B1	05-15	06-26	07-12	07-23	08-15	09-17	128
A1B2	05-15	06-27	07-13	07-24	08-15	09-18	129
A1B3	05-15	06-28	07-14	07-25	08-16	09-19	130
A1B4	05-15	06-30	07-16	07-27	08-18	09-21	133
A1B5	05-15	07-01	07-18	07-29	08-21	09-23	135
A2B1	05-15	06-23	07-09	07-20	08-13	09-15	126
A2B2	05-15	06-23	07-10	07-22	08-14	09-16	127
A2B3	05-15	06-24	07-11	07-23	08-16	09-17	128
A2B4	05-15	06-25	07-13	07-25	08-17	09-19	130
A2B5	05-15	06-28	07-15	07-27	08-19	09-21	132

2.1.2 叶片性状

2.1.2.1 单株叶面积和棒三叶叶面积 叶片是植物重要的源器官,是植物进行光合作用的主要场所,并与植物体内许多生理生化反应过程密切相关<sup>[17]</sup>。由表 2 可知,各处理单株叶面积均随着生育进程的推进先升高后降低,吐丝期最大。割苗降低了同一

种植密度下春玉米的单株叶面积,在大喇叭口期,各割苗处理春玉米单株叶面积比相应不割苗处理分别降低 43.0%、40.5%、38.1%、36.9%、43.4%,吐丝期分别降低 4.6%、5.2%、7.0%、11.4%、11.4%,灌浆期分别降低 12.0%、14.1%、12.6%、7.4%、14.1%,蜡熟期分别降低 15.2%、15.2%、12.6%、10.0%、

12.3%。单株叶面积均随着种植密度的增加而降低,但在大喇叭口期和蜡熟期大部分处理间的差异均不显著,而灌浆期差异极显著,且以常规种植(A2B1)处理最高,其中原因有待进一步研究。

表 2 割苗和密度互作对春玉米单株叶面积的影响

Tab.2 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on leaf area per plant of spring maize cm <sup>2</sup>				
处理 Treatment	大喇叭口期 Big trumpet stage	吐丝期 Silking stage	灌浆期 Filling stage	蜡熟期 Wax ripeness stage
A1B1	3 232.3dC	8 900.2abAB	7 921.2dD	7 342.6bcB
A1B2	3 162.6dC	8 212.6cdBC	7 309.2fF	7 125.9bcB
A1B3	3 059.8dC	7 954.9dCD	7 179.8gG	6 999.1bcB
A1B4	2 968.2dC	7 448.4eD	6 929.1hH	6 885.8bcB
A1B5	2 553.4dC	7 241.5eD	6 244.9iI	5 914.6cB
A2B1	5 671.7aA	9 328.4aA	9 002.3aA	8 663.5aA
A2B2	5 315.5abAB	8 667.2bcABC	8 513.8bB	8 404.8bB
A2B3	4 944.9bcBC	8 557.2bcdABC	8 215.9cC	8 007.8bcB
A2B4	4 703.6bcB	8 406.5bcdBC	7 481.8eE	7 651.2bcB
A2B5	4 512.6cB	8 171.5cdBC	7 272.7fF	6 743.8bcB

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示不同处理间的差异达到极显著( $P<0.01$ )、显著( $P<0.05$ )水平,下同。  
Note: The different uppercase, lowercase letters after data within a column mean significant differences among different treatments at 0.01, 0.05 levels, respectively, the same below.

在玉米生长过程中,棒三叶的叶面积大,功能期长,具有高光效的内在基础,棒三叶对雌穗的生长发育及产量形成起着重要作用<sup>[18]</sup>。由表 3 可以看出,

表 3 割苗和密度互作对春玉米棒三叶叶面积的影响  
Tab.3 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on three ear leaves area of spring maize cm<sup>2</sup>

处理 Treatment	吐丝期 Silking stage	蜡熟期 Wax ripeness stage
A1B1	944.8abA	923.7abA
A1B2	931.2abAB	893.1abA
A1B3	929.6abAB	852.3abA
A1B4	915.2abcAB	847.4abA
A1B5	847.1cB	816.9bA
A2B1	993.7aA	950.5aA
A2B2	972.1abA	925.4abA
A2B3	964.7abA	902.5abA
A2B4	942.2abA	884.5abA
A2B5	911.8bcAB	873.7abA

各割苗处理春玉米棒三叶叶面积比相应不割苗处理小;随着种植密度增加,春玉米棒三叶叶面积减小,但 B1—B4 处理对棒三叶叶面积影响不显著,且割苗条件下 B1—B4 处理与 A2B1 处理差异均不显著。

2.1.2.2 SPAD 值 叶绿素含量影响叶片光合作用,叶绿素含量高,光合能力强,有利于干物质的积累。由表 4 可知,各处理叶片 SPAD 值均随着生育进程的推进先升高后降低,在灌浆期达到最大;割苗处理叶片 SPAD 值较未割苗处理提高;随着种植密度增加,春玉米植株叶片 SPAD 值降低,以 A1B1 处理最高,总体上与 A1B2、A1B3、A2B1 处理均无显著差异。说明割苗和密度互作能有效增强春玉米叶片的光合作用,克服了单一提高种植密度导致春玉米叶片 SPAD 值降低的现象,弥补了叶面积减小造成的不利于单株光合产物积累的缺陷。

表 4 割苗和密度互作对春玉米叶片 SPAD 值的影响

Tab.4 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on SPAD value of spring maize leaves					
处理 Treatment	拔节期 Jointing stage	大喇叭口期 Big trumpet stage	吐丝期 Silking stage	灌浆期 Filling stage	蜡熟期 Wax ripeness stage
A1B1	63.8aA	64.7aA	65.3aA	67.1aA	60.2aA
A1B2	61.3abA	63.7abAB	64.2abA	65.9abA	58.2abAB
A1B3	60.2bcAB	61.2abcABC	62.5abAB	64.7abcAB	57.4abcAB
A1B4	59.0bcC	60.3abcABC	61.7abcAB	63.4abcAB	55.8bcABC
A1B5	58.6bcBC	59.8bcABC	60.9bcAB	62.6bcAB	54.2cBC
A2B1	61.1abA	62.0abcAB	62.9abAB	64.3abAB	58.4abAB
A2B2	59.9bcAB	60.8abcABC	61.4bcAB	63.1bAB	56.2bcAB
A2B3	58.8bcBC	59.8bcABC	60.5bcABC	61.3bcABC	55.4bcABC
A2B4	57.8cBC	58.0cdBC	58.7cdBC	59.5cBC	50.7dCD
A2B5	54.8dC	55.1dC	55.8dC	56.3dC	48.9dD

2.1.3 根数及根冠比 由表 5 可知,割苗使春玉米大喇叭口期和吐丝期根冠比增加,根数从拔节期到蜡熟期均增加,这可能是由于割苗有促下控上的作用,促进了根的生长发育;随着种植密度增加,根冠比和根数均呈降低趋势,但不同时期差异较大,蜡熟期根冠比各处理间差异均不显著。综上,以 A1B1 处理根冠比最大、根数最多,且所有割苗处理根数均多于 A2B1 处理。

表 5 割苗和密度互作对春玉米根冠比和根数的影响

Tab.5 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on root-shoot ratio and root number of spring maize

处理 Treatment	根冠比 Root-shoot ratio			根数 Root number			
	大喇叭口期	吐丝期	蜡熟期	拔节期	大喇叭口期	吐丝期	蜡熟期
	Big trumpet stage	Silking stage	Wax ripeness stage	Jointing stage	Big trumpet stage	Silking stage	Wax ripeness stage
A1B1	0.167aA	0.139aA	0.047aA	11.5aA	22.4aA	32.3aA	48.7aA
A1B2	0.145bcAB	0.131abA	0.046aA	11.0abA1	21.3abA	29.0bAB	47.1aAB
A1B3	0.136cdBC	0.123bcAB	0.044aA	10.5abcAB	21.0abAB	28.5bAB	45.8aABC
A1B4	0.123deBC	0.114cdBC	0.040aA	10.0abcdAB	20.3abcAB	26.6bcBC	44.2abABC
A1B5	0.089fD	0.104deCD	0.036aA	9.7abcdAB	19.7bcABC	26.3bcBC	43.3abcABC
A2B1	0.160abA	0.124bcAB	0.054aA	9.5abcdAB	18.4cdBCD	24.7cC	42.0abcABC
A2B2	0.137cdBC	0.115cdBC	0.048aA	9.1bcdABC	17.5deCD	24.1cCD	40.9abcABCD
A2B3	0.129edeBC	0.104deCD	0.046aA	8.7cdABC	15.8eD	23.3cCD	37.8bcdBCD
A2B4	0.116eC	0.094eD	0.042aA	7.9deBC	12.3fE	19.8dDE	36.1cdCD
A2B5	0.080fD	0.072fE	0.038aA	6.7eC	9.8gE	19.0dE	30.7dD

2.1.4 地上部植株性状 由表 6 可以看出,割苗使春玉米株高、穗位高降低,茎粗增加,茎节数减少,除茎粗外,总体上差异均达到显著水平。随着种植密度增加,春玉米株高、穗位高增加,茎粗变细,总体上 B1—B3 处理各性状差异均不显著,茎节数在 B1—B4 处理间差异均不显著。A1B1 处理株高比 A2B1 处理极显著降低 3.5%,A1B2、A1B3 处理与 A2B1 处理差异均不显著;割苗和密度互作各处理穗位高均与 A2B1 处理无显著差异,其中 A1B1 处理比 A2B1 处理降低 8.3%;割苗和密度互作各处理茎节数分别比 A2B1 处理极显著减少 18.0%、20.0%、13.3%、13.3%、11.3%;A1B1 处理茎粗比 A2B1 处理增加 2.0%,且 A1B1、A1B2、A1B3 处理均与 A2B1 处理差异不显著。

表 6 割苗和密度互作对春玉米地上部植株性状的影响

Tab.6 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on shoot characters of spring maize

处理 Treatment	株高/cm Plant height	穗位高/cm Ear height	茎粗/cm Stem diameter	茎节数 Node number
A1B1	293.7eG	111.8fhE	2.52aA	12.3defgCD
A1B2	299.6deFG	116.8efghDE	2.46aABC	12.0egD
A1B3	306.4cdEF	122.0defCDE	2.41abcdABCD	13.0cdeBCD
A1B4	311.2cCDE	125.4cdeBCDE	2.35cdBCD	13.0cdefBCD
A1B5	320.3bABC	129.7bcdABCD	2.31dDE	13.3bcdBCD
A2B1	304.5cdEF	121.9defgCDE	2.47abAB	15.0aA
A2B2	309.4cDEF	128.1cdABCD	2.43abcABCD	14.3abAB
A2B3	318.3bBCD	133.3abcABC	2.37bcdBCD	14.3abAB
A2B4	323.5abAB	138.6abAB	2.32dCDE	14.3abAB
A2B5	330.4aA	141.8aA	2.20eE	13.7bcABC

2.2 割苗和密度互作对春玉米穗部性状及产量的影响

2.2.1 产量 由表 7 可知,同一种植密度条件下,割苗使春玉米穗收获率增加,说明适时割苗能提高穗收获率;随着密度增加,穗收获率降低,A1B1 处理最高,显著高于 A2B1 处理,A1B2 处理次之,与 A2B1 处理无显著差异。割苗总体上使春玉米籽粒含水量增加;随着种植密度增加,籽粒含水量总体上增加,所有处理均高于 A2B1 处理。

从表 7 可知,随着种植密度增加,总体上春玉米产量降低;相同种植密度下,割苗处理春玉米产量极显著高于未割苗处理,A1B1、A1B2、A1B3 处理产量均极显著高于其他处理,分别比 A2B1 处理增产 13.81%、24.13%、21.85%,其他处理均低于 A2B1

处理。以上分析说明,在种植密度 6.0 万 ~ 8.0 万株/hm<sup>2</sup> 条件下,适时割苗能增加春玉米产量。

表 7 割苗和密度互作对春玉米产量的影响

Tab.7 Effect of interaction of cutting seedlings with planting density on yield of spring maize			
处理 Treatment	产量/ (kg/hm <sup>2</sup> ) Yield	穗收获率/% Harvest rate of ear	籽粒含水量/% Water content of grain
A1B1	12 697.0bA	98.3aA	31.20deD
A1B2	13 848.7aA	96.8bA	32.57dCD
A1B3	13 594.4abA	94.0cdB	34.35cBC
A1B4	10 520.9cB	93.7cdB	38.71aA
A1B5	8 960.7dC	86.7eC	37.69abA
A2B1	11 156.4cB	96.7bA	30.49eD
A2B2	10 486.8cB	94.7cB	31.18deD
A2B3	8 727.7dC	92.8dB	32.53dCD
A2B4	8 016.7dCD	87.2eC	36.24bAB
A2B5	7 098.6eD	81.3fD	38.04aA

2.2.2 穗部性状 由表 8 可知,相同种植密度下,割苗处理春玉米穗长、穗粗、行粒数、穗粒数、百粒质量均较未割苗处理增加,秃尖长减小(A1B5 处理除外),穗行数无显著变化。在 B1、B2、B3 条件下,割苗处理春玉米穗长、行粒数、秃尖长、穗粒数、百粒质量与未割苗处理的差异均达到显著或极显著水平。随着种植密度的增加,穗部性状有变劣的趋势,除百粒质量外,割苗处理在 B1、B2、B3 条件下各性状差异总体上均不显著,且优于 A2B1 处理。说明割苗能不同程度地增加春玉米穗长、行粒数、穗粒数、百粒质量,降低秃尖长,进而提高产量。

相关分析表明,穗长、百粒质量、穗粒数均与产量呈极显著正相关,穗粗与产量呈显著正相关,秃尖长与产量呈极显著负相关(表 9)。

表 8 割苗和密度互作对春玉米穗部性状的影响

Tab.8 Effects of interaction of cutting seedlings with planting density on ear traits of spring maize							
处理 Treatment	穗长/cm Ear length	穗粗/cm Ear diameter	穗行数 Row number per ear	行粒数 Grain number per row	秃尖长/cm Barren tip length	穗粒数 Grain number per ear	百粒质量/g 100-grain weight
A1B1	20.70aA	5.01aA	16.2aA	35.52aA	0.88dF	575.41aA	37.40aA
A1B2	20.05abAB	4.86abAB	16.2aA	35.15abA	1.04dEF	569.44aAB	35.87cB
A1B3	19.91abAB	4.82abAB	15.8aA	33.52abA	1.22cdEF	529.67bAB	34.13dC
A1B4	17.12cdDE	4.81abcAB	15.8aA	24.58dC	1.87bCD	388.31dD	32.14eD
A1B5	16.45dE	4.64bcB	16.0aA	21.32eDE	2.98aA	341.21efEF	30.29fE
A2B1	19.31bBC	4.78bcAB	16.0aA	32.91bA	1.47cDE	526.27bB	36.55bB
A2B2	18.03cCD	4.74bcAB	16.0aA	28.85cB	2.13bBC	461.41cC	34.28dC
A2B3	15.19eF	4.72bcAB	15.6aA	23.84dCD	2.55aAB	371.64deDE	31.65eD
A2B4	14.76eF	4.68bcB	15.8aA	21.07eDE	2.61aAB	332.65fEF	30.70fE
A2B5	14.73eF	4.59cB	15.8aA	19.83eE	2.69aA	312.28fF	27.96gF

表 9 春玉米产量与穗部性状的相关分析

Tab.9 Correlation analysis between yield and ear traits of spring maize							
指标 Index	百粒质量 100-grain weight	穗长 Ear length	穗粗 Ear diameter	穗行数 Row number per ear	行粒数 Grain number per row	秃尖长 Barren tip length	穗粒数 Grain number per ear
产量 Yield	0.835 **	0.931 **	0.699 *	0.41	0.184	-0.934 **	0.950 **

注: \*、\*\* 分别表示相关性显著( $P < 0.05$ )、极显著( $P < 0.01$ )。  
Note: \* and \*\* mean significant correlations at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

3 结论与讨论

本研究结果表明,同一种植密度下,割苗使春玉米各生育时期延后,生育期延长 2 ~ 3 d,株高、穗位高降低,这与张凤路等<sup>[14]</sup> 研究结果相同;割苗使春玉米茎节数、单株叶面积、棒三叶叶面积降低,叶绿素含量和茎粗增加;割苗使春玉米大喇叭口期和吐丝期根冠比增加,根数从拔节期到蜡熟期均增加。

本研究结果表明,相同种植密度下,割苗处理春玉米穗长、穗粗、行粒数、穗粒数、百粒质量均较未割苗处理增加,秃尖长减小(A1B5 处理除外),穗行数

无显著变化,说明割苗能促进春玉米穗部性状正向生长,利于产量提高,与张春燕等<sup>[13]</sup> 研究结果相同。随着种植密度增加,穗部性状有变劣的趋势,除百粒质量外,割苗处理在 B1、B2、B3 条件下各性状差异总体上均不显著,且优于 A2B1 处理。说明割苗能不同程度地增加春玉米穗长、行粒数、穗粒数、百粒质量,降低秃尖长,进而提高产量。

本研究结果还表明,随着种植密度增加,总体上春玉米产量降低;相同种植密度下,割苗处理春玉米产量极显著高于未割苗处理,A1B1、A1B2、A1B3 处理产量均极显著高于其他处理,分别比 A2B1 处理

增产13.81%、24.13%、21.85%,其他处理均低于A2B1处理。以上分析说明,在种植密度6.0万~8.0万株/hm<sup>2</sup>条件下,适时割苗能增加春玉米产量。这与曹彩云等<sup>[15]</sup>适当刈割与增加种植密度具有一定增产效果的研究结果相同。

#### 参考文献:

- [1] 韩晨光,王金龙,李子芳,等. 种植密度对夏玉米叶片衰老及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(7):62-64.
- [2] 赵明,李建国,张宾,等. 论作物高产挖潜的补偿机制[J]. 作物学报,2006,32(10):1566-1573.
- [3] 刘武仁,冯艳春,郑金玉,等. 玉米宽窄行种植产量与效益分析[J]. 玉米科学,2003,11(3):63-65.
- [4] 杨吉顺,高辉远,刘鹏,等. 种植密度和行距配置对超高产夏玉米群体光合特性的影响[J]. 作物学报,2010,36(7):1226-1233.
- [5] 董学会. 30%已·乙水剂对玉米产量和茎秆质量的影响[J]. 玉米科学,2006,14(1):138-140.
- [6] 刘玉洁,李援农,李方红,等. 膜孔灌溉条件下玉米灌溉制度试验研究[J]. 中国农村水利水电,2006(6):63-65.
- [7] 张永科. 玉米密植和营养改良之研究 I 密度对玉米产量和营养的效应[J]. 玉米科学,2005,13(3):87-90.
- [8] 俞凤芳,丁成芳. 种植方式和密度对高产玉米产量及相关性状的影响[J]. 湖北农业科学,2010,49(6):1297-1299.
- [9] 罗瑶年,张建华. 种植密度对玉米叶片衰老的影响[J]. 玉米科学,1994,2(4):23-25.
- [10] 苏宝健. 玉米割苗增产抗旱防倒伏新技术:2015108272117[P]. 2015-11-18.
- [11] 苏宝健. 电驱动玉米增产防倒伏割苗机:201420368415.X[P]. 2014-07-07.
- [12] 郭智慧,董树亭,王空军,等. 刈割对不同类型玉米再生分蘖及产量和品质的影响[J]. 玉米科学,2008,16(3):104-108.
- [13] 张春燕,苏宝健,宗玉华,等. 黑龙江省春玉米割苗对产量影响研究初报[J]. 种子科技,2016(12):91-93.
- [14] 张凤路,苏宝健,宗玉华,等. 玉米割苗处理对产量和植株性状影响研究初报[J]. 农业科技通讯,2016(11):129-132.
- [15] 曹彩云,党红凯,郑春莲,等. 刈割对玉米生长发育及产量的影响[J]. 玉米科学,2018,26(5):68-72.
- [16] 中华人民共和国国家统计局. 中国统计年鉴 2010[M]. 北京:中国统计出版社,2010.
- [17] 张向前,卞新民,黄国勤,等. 秸秆覆盖和根系互作对间作玉米生理特性及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2013,31(4):66-72.
- [18] 志光. 玉米棒三叶的特殊功能[J]. 新农业,1983(14):66-72.