

DOI: 10.3724/SP.J.1006.2012.00322

多分蘖玉米分蘖发生规律及密度和播期的影响

王如芳 张吉旺* 吕鹏 董树亭 刘鹏 赵斌

作物生物学国家重点实验室 / 山东农业大学农学院, 山东泰安 271018

摘要: 以不同类型玉米品种为试验材料, 设置不同种植密度和播期, 旨在研究多分蘖玉米的分蘖发生规律及其调控。结果表明, 玉米各级分蘖与主茎叶片有同伸关系, 一级分蘖数(n)与主茎叶龄(N)呈 $n=N-3$ 对应关系, 二级分蘖与一级分蘖也符合上述对应关系。不同类型玉米品种分蘖能力差异显著, 墨西哥玉米(MXG)分蘖能力最强, 最大分蘖数可达 25~40 个, 科多 4 号(KD4)达 2~4 个, 五岳 97-1 (WY97-1)为 1~2 个, 郑单 958 (ZD958)一般无分蘖。玉米分蘖能力受播期、密度影响, 高光热、低密度有利于分蘖发生, 随播期推迟, 从出苗到出现分蘖的时间缩短, 分蘖出叶速度加快, 最大分蘖数增加; 在 45 000 株 hm^{-2} 种植密度下, 4 月 25 日和 6 月 25 日播种的 KD4 最大分蘖数分别为 3.50 和 4.00 个, 最终分蘖数分别为 2.33 和 2.00 个, 分蘖消亡率(消亡分蘖数/最大分蘖数)分别为 33.4%和 50.0%, 在 30 000 株 hm^{-2} 和 60 000 株 hm^{-2} 种植密度下具有同样变化趋势。随密度增加, 分蘖出现时间推迟, 出苗后相同天数对应分蘖叶龄减小, 相同主茎叶龄对应分蘖数减少, 最大分蘖数和最终分蘖数降低, 分蘖消亡率增加; 4 月 25 日播种, 密度为 30 000、45 000 和 60 000 株 hm^{-2} 下, KD4 的最大分蘖数分别为 3.80、3.50 和 3.22 个, 最终分蘖数分别为 3.00、2.33 和 1.67 个, 分蘖消亡率分别为 21.05%、33.43%和 48.14%, 6 月 25 日播种处理具有相同变化趋势。

关键词: 多分蘖玉米; 分蘖规律; 密度; 播期

Tillering Characteristics of Multi-tiller Maize and Influence of Plant Density and Sowing Date

WANG Ru-Fang, ZHANG Ji-Wang*, LÜ Peng, DONG Shu-Ting, LIU Peng, and ZHAO Bin

State Key Laboratory of Crop Biology / Agronomy College of Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, China

Abstract: Different maize varieties were used to study the tillering characteristics and regulations of multi-tiller maize under different plant densities and sowing dates. The results showed that tillers were co-elongated with leaves of main stem, the number of primary tiller (n) and leaf age of main stem (N) had the relationship of $n = N - 3$, the secondary tillering had the same relationship as the primary one. Tillering ability showed significant differences among different maize varieties, Mexican's tillering ability was the strongest, the maximum tiller number was about 25–40, and Keduo 4 was about 2–4 and then Wuyue 97-1 was about 1–2, however, Zhengdan 958 had no tiller in general. The tillering ability of maize could be affected by sowing date and plant density. Higher temperature and sunlight and lower plant density were favorable to tiller's development. With the postponement of sowing date, the interval from seeding to tillering became shorter, the growth of tiller's leaves became quicker, and the maximum tiller number was increased. When sowed on 25 April and 25 June at 45 000 plant ha^{-1} population, the maximum tiller number of the Keduo 4 was 3.50 and 4.00 while the ultimately tiller number was 2.33 and 2.00, respectively, so the eliminating rate of tiller was 33.4% and 50.0% respectively. The similar changes were observed in 30 000 and 60 000 plant ha^{-1} populations. With the increment of plant density, tiller's occurrence was postponed, and the leaf ages decreased on same day after emergence of seedling, tiller number of main stem with the same leaf age and the maximum and ultimately numbers reduced, the tillers' eliminating rate increased. When sowed on 25 April, taken the 30 000, 45 000, and 60 000 plant ha^{-1} populations, the maximum tiller number was

本研究由山东省现代农业产业技术体系项目, 山东省玉米良种工程项目(鲁农良种2010-6), 国家粮食丰产科技工程项目(2011BAD16B09)和公益性行业(农业)科研专项(200903003)资助。

* 通讯作者(Corresponding author): 张吉旺, E-mail: jwzhang@sdau.edu.cn, Tel: 0538-8245838

第一作者联系方式: E-mail: hongfangwang07@126.com

Received(收稿日期): 2011-04-12; Accepted(接受日期): 2011-10-12; Published online(网络出版日期): 2011-12-01.

URL: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1809.S.20111201.0922.013.html>

3.80, 3.50, and 3.22, and ultimately tiller number was 3.00, 2.33, and 1.67, so the eliminating rate was 21.05%, 33.43%, and 48.14%, respectively. The changes were similar when sowed at 25 June.

Keywords: Multi-tiller maize; Tillering characteristics; Plant density; Seeding time

玉米根据利用途径和经济价值分为普通玉米、饲用玉米、甜玉米、爆裂玉米、糯玉米、高油玉米等^[1], 其中饲用玉米分蘖能力强, 并靠分蘖获得较高生物产量, 普通玉米分蘖能力较弱, 多数情况下为单茎型并无分蘖。玉米的分蘖是由低位地下茎节形成的侧枝, 虽然基部茎节上的腋芽都可能形成分蘖, 但分蘖数取决于基因型、群体密度、土壤肥力和苗期生长条件等^[2]。关于稻麦分蘖发生的叶蘖同伸规律的研究较早^[3-12], 且环境因素及栽培措施对稻麦分蘖发生的影响已有系统的研究, 其中播期和密度显著影响小麦群体的分蘖消长^[13-17], 密度增加促使分蘖消亡^[18-19], 播期不当也会加大分蘖与主茎的差距, 导致衰亡^[20-21]。玉米与小麦和水稻同为禾本科作物, 关于玉米的分蘖发生规律及其调控的研究鲜见报道。本文旨在研究多分蘖类型玉米分蘖规律, 为丰富禾本科作物的分蘖规律提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与 设计

选取多分蘖品种墨西哥玉米(MXG)、科多 4 号(KD4)和科多 8 号(KD8), 普通玉米品种五岳 97-1(WY97-1)和郑单 958 (ZD958), 于 2008—2010 年在山东农业大学黄淮海区域玉米技术创新中心(36°10'N, 117°09'E)进行试验, 试验地为沙质壤土, 土壤 0~20 cm 耕层含有有机质 11.3 g kg⁻¹、全氮 0.7 g kg⁻¹, 碱解氮 57.0 μg g⁻¹、速效磷 25.7 μg g⁻¹、速效钾 106.0 μg g⁻¹。试验田施肥总量为纯氮 120.0 kg hm⁻²、P₂O₅ 72.0 kg hm⁻²、K₂O 96.0 kg hm⁻², 磷肥和钾肥作为底肥一次性施入, 氮肥于拔节期(40%)和大喇叭口期(60%)施入。完全随机区组设计, 小区面积为 90 m², 行距 60 cm, 3 次重复。

2008 年选用 KD4、WY97-1、ZD958 为试验材料, 6 月 15 日播种, 设置 KD4 密度为 22 500、45 000 和 67 500 株 hm⁻², WY97-1 密度 22 500、60 000 和 82 500 株 hm⁻², ZD958 密度 22 500、60 000 和 90 000 株 hm⁻²。2009 年选用 MXG、KD4、KD8、WY97-1 和 ZD958 为试验材料, 6 月 12 日播种, 密度分别为 37 500、45 000、45 000、60 000 和 75 000 株 hm⁻²。2010 年选用 MXG、KD4、WY97-1 和 ZD958 为试验材料, 设置 3 个播种期(4 月 25 日、5 月 25 日、6

月 25 日), MXG、WY97-1 和 ZD958 密度分别为 30 000、52 500 和 75 000 万株 hm⁻², KD4 密度分别为 30 000、45 000 和 60 000 株 hm⁻²。

1.2 测定内容

从出苗开始, 于分蘖发生、消亡高峰阶段, 每隔 2 d 观察每处理 15 株玉米的主茎与分蘖同伸关系、分蘖出现时间、分蘖数量、分蘖消亡时间。

2 结果与分析

2.1 不同类型玉米的叶蘖同伸规律

3 年试验结果表明, 玉米各级分蘖与主茎叶片有同伸关系。当主茎叶龄为 4 时, 第 1 叶腋长出第 1 个分蘖, 分蘖叶龄为 1, 其后主茎与分蘖叶龄同时增加 1, 即一级分蘖数(n)与主茎叶龄(N)为 $n=N-3$ 对应关系。一级分蘖上生出二级分蘖, 二级分蘖与一级分蘖也符合上述同伸关系(表 1~表 4)。

不同类型玉米第 1 分蘖出现的时间、叶位不同, 最大和最终分蘖数也不同。MXG 的分蘖能力大于 KD4, 主茎叶龄 4 时, 第 1 叶腋长出第 1 分蘖, 主茎叶龄 5 时, 第 2 叶腋长出第 2 分蘖, 叶龄为 6 时, 长出第 3 分蘖, 叶龄为 7 时, 4 个一级分蘖, 1 个二级分蘖, 依次类推, 符合 $n=N-3$ 规律。MXG 可产生一级分蘖 5~6 个, 一级分蘖上生出二级分蘖, 二级分蘖上生出三级分蘖, 四级以上分蘖受气候影响较难发生。MXG 分蘖能力最强, 全生育期间分蘖持续发生, 分蘖数持续增长, 没有明显分蘖衰亡期, 生育后期有少数弱势分蘖消亡, 但新生分蘖大于消亡分蘖, 分蘖总数达 25~40 个。MXG 前期生长缓慢, 分蘖生长亦较慢, 拔节后形成独立根系, 与主茎差异缩小。早生分蘖的生长速度可超过主茎, 一级或早生二级分蘖与主茎在形态上差异不明显(表 1~表 4)。

KD4 主茎叶龄为 4 时, 出现 2 个一级分蘖(第一个分蘖为胚芽鞘蘖); 主茎叶龄为 5 时, 有 3 个一级分蘖; 主茎叶龄为 7 时, 4 个一级分蘖, 第 1 分蘖叶龄为 4; 主茎叶龄为 8 时, 有 4 个一级分蘖, 第 2 分蘖叶龄为 4。KD8 主茎叶龄为 4 时, 出现 1 个分蘖, 分蘖叶龄为 1; 主茎叶龄为 5 时, 2 个一级分蘖; 当主茎叶龄为 7 时, 出现 3 个分蘖, 第 2 分蘖叶龄为 2, 第 3 个分蘖叶龄为 1。当主茎叶龄为 8 时, 3 个一级分蘖, 前 2 个分蘖叶龄为 3(表 1~表 3)。

WY97-1 分蘖能力较弱, 主茎叶龄为 5 时, 在第 2 叶腋处出现分蘖; 叶龄为 7 时, 出现 2 个分蘖, 第 1 分蘖叶位较靠上, 第 2 分蘖叶龄为 2; 分蘖数于大喇叭口期达最大, 为 3 个, 以后陆续消亡, 成熟期为 0。ZD958 的分蘖能力最弱, 部分单株产生 1 个分蘖, 大喇叭口期以后逐渐消亡, 分蘖数最终为 0。

WY97-1 和 ZD958 在 2008 和 2009 年有分蘖产生, 2009 年二者的分蘖率分别为 80%和 20%, 在 2010 年无分蘖产生, 可能由不同年份气候条件差异引起, 其中 2010 年 6、7 月份比 2009 年同期降水量减少 35.7%和 60.6%, 日照时数减少 22.15%、12.52% (表 1、表 2 和表 5)。

表 1 种植密度对玉米分蘖的影响(2008)
Table 1 Effect of plant density on tillering of maize in 2008

品种 Cultivar	种植密度 Plant density ($\times 10^4$ plant hm^{-2})	出苗后天数 Days after seedling (d)	主茎叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number
科多 4 号 KD4	2.25	14	5.00	1.70
		16	6.00	1.71
		18	7.00	2.07
		22	8.00	2.74
	4.50	14	5.00	0.95
		16	6.00	1.36
		18	7.00	1.77
		23	8.00	2.45
	6.75	14	5.00	0.58
		16	6.00	0.69
		18	7.00	0.89
		24	8.00	0.94
五岳 97-1 WY97-1	2.25	13	5.00	1.11
		15	6.00	1.13
		17	7.00	1.64
		21	8.00	1.86
	6.00	13	5.00	0.47
		15	6.00	0.89
		17	7.00	0.91
		22	8.00	0.93
	8.25	13	5.00	0.33
		15	6.00	0.50
		17	7.00	0.54
		23	8.00	0.55
郑单 958 ZD958	2.25	13	5.00	—
		15	6.00	—
		17	7.00	—
		21	8.00	0.38
	6.00	13	5.00	—
		15	6.00	—
		17	7.00	0.04
		22	8.00	0.04
	9.00	13	5.00	—
		15	6.00	—
		17	7.00	—
		23	8.00	—

表 2 玉米叶蘖同伸规律(2009)
Table 2 Co-elongation of leaves and tillers of maize in 2009

品种 Cultivar	出苗后天数 Days after seedling (d)	主茎叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number
墨西哥玉米 MXG	14	4.00	1.00
	18	6.00	3.00
	21	7.00	5.00
	25	8.00	6.00
	收获期 Harvest time	25.00	25.50
科多 4 号 KD4	13	4.00	2.00
	14	5.00	3.00
	18	7.00	4.00
	22	8.00	4.00
	收获期 Harvest time	22.00	2.86
科多 8 号 KD8	13	4.00	1.00
	14	4.00	2.00
	16	5.00	3.00
	18	7.00	3.00
	收获期 Harvest time	22.00	2.29
五岳 97-1 WY97-1	13	4.00	0.00
	15	5.00	1.00
	17	7.00	2.00
	20	8.00	2.00
	收获期 Harvest time	20.00	0.00
郑单 958 ZD958	13	4.00	0.00
	15	5.00	1.00
	17	6.00	1.00
	20	7.00	1.00
	收获期 Harvest time	20.00	0.00

2.2 播期对分蘖发生的影响

随播期推迟, 主茎与分蘖的生长速度增大, 第 1 分蘖出现提前, 叶位降低。在 45 000 株 hm^{-2} 种植密度下, 4 月 25 日和 6 月 25 日播种的 KD4 最大分蘖数分别为 3.50 和 4.00 个, 最终分蘖数分别为 2.33 和 2.00 个, 分蘖消亡率(消亡分蘖数/最大分蘖数)分别为 33.4%和 50.0%, 在 30 000 株 hm^{-2} 和 60 000 株 hm^{-2} 种植密度下趋势相同。说明随播期推迟, KD4 最大分蘖数增加, 最终分蘖数减少, 分蘖消亡率变大。MXG 最终分蘖数即为最大分蘖数, 随播期推迟, 最终分蘖数增加, 分别为 28.00、31.00 和 38.00 个, 其中次级分蘖对总分蘖数的贡献率较大, 分别为 78.57%、80.65%和 84.21% (表 3 和表 4)。

2.3 种植密度对分蘖发生的影响

随种植密度增加, 分蘖出现时间推迟, 出苗后相同天数对应分蘖叶龄减小。主茎叶龄相同时, 分

蘖数随密度增加而减少。随种植密度增加, 最大和最终分蘖数降低, 分蘖消亡率增大。KD4 主茎叶龄为 5 时, 在种植密度为 22 500、45 000 和 67 500 株 hm^{-2} 下, 分蘖数分别为 1.70、0.95 和 0.58 个; 主茎叶龄为 8 时, 分蘖数最大, 分别为 2.74、2.45 和 0.94 个。2010 年 KD4 在密度分别为 30 000、45 000 和 60 000 株 hm^{-2} 下, 4 月 25 日播种处理最大分蘖数分别为 3.80、3.50 和 3.22 个, 最终分蘖数分别为 3.00、2.33 和 1.67 个, 消亡率分别为 21.05%、33.43%和 48.14%; 6 月 25 日播种处理趋势相同, 即最大分蘖数分别为 4.33、4.00 和 3.22 个, 最终分蘖数为 3.00、2.00 和 1.55 个, 分蘖消亡率为 30.72%、50.00%和 51.86% (表 1、表 3 和表 4)。

WY97-1 比 KD4 分蘖能力弱, 低节位分蘖能力较差, 分蘖数较少。ZD958 分蘖能力最弱。说明不同类型玉米分蘖能力存在差异, 随密度增加, 分蘖生长速度减慢, 分蘖数减少(表 1、表 3 和表 4)。

表3 播期和密度对KD4分蘖发生的影响(2010)
Table 3 Effect of sowing date and plant density on tiller formation of KD4 in 2010

密度 Plant density ($\times 10^4$ plant hm^{-2})	出苗后天数 Days after seedling (d)	主茎叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number	1 蘖叶龄 Leaf age of first primary tiller	2 蘖叶龄 Leaf age of second primary tiller	3 蘖叶龄 Leaf age of third primary tiller	4 蘖叶龄 Leaf age of fourth primary tiller
4月25日 25 April							
3.00	15	4.00	1.00	0.00			
	17	4.67	1.67	0.67			
	20	6.00	2.50	1.75	1.00		
	23	6.50	3.00	3.00	2.00	0.50	
	25	7.75	3.22	3.50	4.20	3.40	2.00
	30	8.40	3.78	4.20	2.50	2.00	2.50
	35	10.00	3.80	8.00	6.00	4.00	3.00
	40	12.00	3.60	11.50	9.50	6.00	5.00
	45	15.00	3.60	14.00	12.00	7.00	6.00
	50	19.00	3.63	16.00	15.50	8.00	5.00
	55	23.00	3.00	17.00	16.00	9.00	3.00
	75	27.00	3.00	17.00	16.00	9.50	0.00
4.50	15	4.00	1.00	0.00			
	17	4.83	1.83	0.67			
	20	5.25	2.25	1.50	0.50		
	23	6.17	2.33	2.20	1.40	0.50	
	25	7.00	2.93	2.75	2.25	0.50	0.90
	30	8.00	3.50	3.80	2.00	1.00	1.56
	35	10.00	3.50	7.50	4.00	3.00	2.00
	40	12.00	3.25	10.00	6.50	4.00	3.50
	45	15.00	3.33	13.50	9.00	4.50	4.00
	50	19.00	3.00	14.00	12.00	5.00	4.80
	55	23.00	3.00	14.50	13.00	6.00	2.00
	75	27.00	2.33	14.50	13.00	7.00	0.00
6.00	15	4.00	1.00	0.00			
	17	4.50	1.50	0.50			
	20	5.00	2.00	1.00	1.00		
	23	6.00	2.50	2.50	1.50		
	25	7.00	3.15	3.00	2.00	1.00	0.33
	30	8.00	3.20	3.30	3.00	2.00	1.00
	35	10.00	3.22	5.00	4.00	3.00	2.00
	40	12.00	3.00	6.00	5.00	4.00	3.33
	45	15.00	3.10	7.50	6.00	5.00	4.25
	50	19.00	3.12	8.00	7.50	6.50	6.00
	55	23.00	2.50	9.50	8.00	4.00	0.00
	75	27.00	1.67	12.00	8.00	0.00	0.00
5月25日 25 May							
3.00	13	4.75	1.50	0.75	0.00		
	15	5.00	2.00	1.50	0.50		
	18	6.75	2.75	2.75	1.50	0.67	
	20	7.50	3.25	3.25	2.25	1.25	1.00

(续表 3)

密度 Plant density ($\times 10^4$ plant hm^{-2})	出苗后天数 Days after seedling (d)	主茎叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number	1 蘖叶龄 Leaf age of first primary tiller	2 蘖叶龄 Leaf age of second primary tiller	3 蘖叶龄 Leaf age of third primary tiller	4 蘖叶龄 Leaf age of fourth primary tiller	
4.50	23	8.72	3.65	3.50	2.50	1.75	1.25	
	25	9.50	4.00	4.25	3.55	2.45	1.50	
	30	9.88	4.15	5.00	4.05	3.04	2.00	
	13	5.00	1.00	0.33				
	15	5.75	1.50	1.00	0.50			
	18	6.75	2.00	1.75	1.25			
	20	7.00	2.75	2.75	2.00	1.00		
	23	8.25	3.24	3.55	2.75	1.55	0.85	
	25	9.25	3.85	4.15	4.15	3.26	2.24	1.28
6.00	30	9.55	4.00	4.50	3.54	2.55	1.58	
	13	4.00	1.00	1.00				
	15	5.00	2.00	1.50	0.50			
	18	5.00	2.00	2.00	1.00			
	20	7.00	2.50	3.00	2.00	1.50		
	23	8.00	3.17	3.35	2.50	2.00		
	25	9.00	3.00	4.00	3.00	1.00		
	30	9.55	3.33	4.50	3.35	1.50		
	6 月 25 日 25 June	3.00	12	4.25	1.00	1.00		
15		5.73	2.25	2.30	1.00			
17		6.55	3.15	2.83	1.85	0.73		
20		7.38	3.33	3.67	2.36	1.05		
23		8.15	3.56	4.45	3.26	1.77	0.98	
25		8.83	4.33	5.04	4.00	2.00	1.33	
30		9.35	4.33	5.88	4.80	2.93	1.86	
35		10.00	3.33	9.00	7.00	4.00	2.50	
40		12.00	3.33	13.50	9.50	6.00	5.00	
45		15.00	3.33	16.00	14.00	8.50	7.00	
50		19.00	3.00	18.00	16.00	9.20	7.00	
55		23.00	3.00	19.00	17.00	11.50	0.00	
70		27.00	3.00	19.50	17.00	12.00	0.00	
4.50		12	4.00	1.00	0.85			
		15	5.55	2.15	2.15	0.88		
		17	6.53	2.45	2.23	0.96		
		20	7.86	2.67	2.85	1.36	0.85	
	23	8.33	3.25	3.33	2.67	1.25	0.56	
	25	8.78	4.00	4.02	3.37	2.23	0.98	
	30	9.55	3.80	5.22	3.95	3.05	1.33	
	35	10.00	3.00	8.00	7.00	5.00	3.00	
	40	12.00	3.00	10.50	9.50	6.00	4.50	
	45	15.00	3.00	14.00	11.55	7.50	6.00	
	50	19.00	2.67	16.00	13.00	9.00	6.00	
55	23.00	2.33	17.00	13.50	7.00	0.00		

(续表 3)

密度 Plant density ($\times 10^4$ plant hm^{-2})	出苗后天数 Days after seedling (d)	主茎叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number	1 蘖叶龄 Leaf age of first primary tiller	2 蘖叶龄 Leaf age of second primary tiller	3 蘖叶龄 Leaf age of third primary tiller	4 蘖叶龄 Leaf age of fourth primary tiller
	70	27.00	2.00	17.00	14.00	5.00	0.00
6.00	12	4.00	1.00	1.00			
	15	5.63	1.85	1.78	0.50		
	17	6.50	2.20	2.00	0.85	0.60	
	20	7.50	2.32	2.53	1.02	0.90	
	23	8.30	2.56	3.65	1.93	1.33	
	25	8.85	2.94	4.33	2.56	2.03	
	30	9.33	3.22	5.23	3.67	2.75	0.87
	35	10.00	2.44	7.00	6.00	4.00	2.50
	40	12.00	2.67	9.50	8.50	6.50	4.00
	45	15.00	2.50	12.00	10.00	8.00	6.00
	50	19.00	2.50	15.00	11.00	9.00	0.00
55	23.00	2.00	16.00	11.00	6.00	0.00	
70	27.00	1.55	16.00	11.00	0.00	0.00	

3 讨论

3.1 多分蘖玉米分蘖特性比较

不同熟期春小麦分蘖规律不一致,早熟、特早熟春小麦品种(系)分蘖发生早,低位分蘖发生快,发生量大,分蘖发生经历的时间短,分蘖消亡时间长。中熟品种(系)分蘖发生较慢,分蘖发生与消亡的历程相当,分蘖成穗率较高,实际分蘖数与理论值吻合程度较差^[10]。不同早熟水稻品种分蘖能力差异很大,差异主要来自于第2次分蘖,第2次分蘖穗数年度变化不明显,说明分蘖能力主要由品种特性所决定^[11]。本研究表明,不同类型玉米分蘖特性也存在显著差异,普通玉米分蘖能力较弱,KD4和KD8分蘖能力较强,MXG分蘖能力最强。本试验条件下,MXG分蘖数最大,并且次级分蘖对总分蘖数的贡献率较大。KD4分蘖能力较强,大喇叭口期以后,无独立根系的弱势分蘖死亡。普通玉米WY97-1和ZD958有少数分蘖产生,在2008和2009年部分单株有分蘖发生,而2010年均无分蘖发生,可能是由气候条件引起^[22]。

3.2 调控措施对分蘖特性的影响

王瑞清等^[12]研究表明,由于生态条件和品种特性的差异,叶蘖同伸关系并非与理论同伸关系完全吻合。早熟品种自身特性以及水肥、气候等生态条件较适合小麦生长,使实际分蘖发生较理论值多,晚熟品种实际分蘖数小于理论值。赵昌平等^[23]指出,大田生产条件下小麦各蘖位分蘖出现时间受种子质

量、土壤特性及水分的影响,株间存在较大差异,且随时间推迟和蘖位提高差异增大;充足的营养生长积温是分蘖叶建成和物质积累的基础,也是分蘖间群体资源竞争的先决因素,分蘖生长积温不足导致其退化。本研究结果表明,晚播较早播处理的玉米最大分蘖数高,但由于晚播处理生育后期于8、9月份降水较多,田间高温郁闭,弱势分蘖无法形成独立根系,竞争力下降,分蘖消亡率较高。

种植密度对小麦群体、个体生长环境及分蘖过程中内源激素平衡均有较大影响,随密度降低,单株分蘖数增加^[18]。冯国郡等^[24]报道,随密度降低青贮玉米新青2号、新青3号的分蘖数极显著增加。本研究表明,种植密度增大,最大分蘖数和最终分蘖数减小、同一品种出苗后相同天数分蘖数减少、弱势分蘖消亡时间提前且消亡速度加快、分蘖消亡率增大。

决定冬小麦分蘖和有效蘖多少的主导因素是播期和冬前生长积温,确定分蘖、蘖芽有效率的主导因素是个体营养条件^[25]。随播期提前,饲用黑麦单株分蘖数和单株有效茎数增多,群体有效茎数变化不大,因单株分蘖对群体有效茎数有调节作用,因此群体有效茎数受播期和播量的共同调节^[13]。本研究表明,随播期推迟,气温升高,从出苗到出现分蘖的时间缩短,最大分蘖数增大,最终分蘖数减少。高温有利于分蘖发生,但是随播期推迟,大喇叭口期后多高温寡照天气,田间郁闭潮湿,弱势分蘖在空间上处在下层,通风透光条件差,加速其衰亡。冬

表 4 MXG 的分蘖规律(2010)
Table 4 Tillering regularity of MXG in 2010

出苗后 天数 Days after seedling (d)	主茎 叶龄 Leaf age of main stem	分蘖数 Tiller number	一级分蘖 Primary tiller						二级 蘖数 Second order tiller	三级 蘖数 Third order tiller
			1 蘖叶龄 Leaf age of first pri- mary tiller	2 蘖叶龄 Leaf age of second primary tiller	3 蘖叶龄 Leaf age of third pri- mary tiller	4 蘖叶龄 Leaf age of fourth pri- mary tiller	5 蘖叶龄 Leaf age of fifth pri- mary tiller	6 蘖叶龄 Leaf age of sixth primary tiller		
4 月 25 日 25 April										
15	4.00	1.00	0.33							
17	4.00	1.50	0.50	0.00						
18	4.33	1.67	1.00	0.50						
19	4.67	2.67	1.33	0.33	0.50					
21	6.00	3.00	2.00	1.50	1.00					
23	6.50	3.50	2.00	2.00	1.00	0.00				
25	6.85	4.00	2.50	2.33	1.86	1.33				
26	7.33	4.25	3.00	2.45	2.00	1.50				
27	7.75	4.80	3.25	3.00	2.53	1.75	0.75			
30	9.00	6.50	5.00	4.00	3.50	3.00	2.00	1.00		
35	11.00	10.00	6.00	6.00	4.00	5.00	3.50	2.00	4.00	
40	12.00	11.63	7.50	7.00	6.00	7.00	5.00	3.50	5.63	
45	13.50	14.00	9.00	8.50	7.00	8.00	6.00	5.00	8.00	
50	15.00	27.20	11.00	10.00	8.00	10.00	7.50	6.50	15.00	6.00
70	18.00	28.00	15.00	14.00	13.00	12.00	11.00	9.00	16.00	6.00
5 月 25 日 25 May										
14	4.00	1.00	0.33							
15	4.50	1.33	0.55	0.00						
16	5.00	1.67	0.75	0.00						
18	5.50	3.00	1.00	1.00	0.00					
19	6.00	3.00	1.50	1.25	0.55					
21	6.75	3.40	2.00	1.75	1.00	0.00				
23	7.25	4.50	2.75	2.25	1.50	0.25	0.00			
25	7.50	6.00	3.00	2.50	1.75	0.75	0.00			
27	7.85	4.80	3.33	3.00	2.00	1.00	0.33			
30	9.50	7.00	6.00	4.50	3.83	3.33	1.33			
35	13.00	12.00	7.50	6.50	5.00	3.50	2.00	1.00	6.00	
40	15.00	14.50	8.33	7.00	6.00	4.00	3.00	2.50	8.50	
45	16.00	16.33	12.00	10.00	8.00	6.50	5.00	4.00	10.33	
50	18.00	27.00	14.50	13.00	11.50	10.00	9.00	6.50	15.00	6.00
70	21.00	31.00	18.00	16.00	14.50	12.00	11.00	9.00	18.00	7.00
6 月 25 日 25 June										
14	4.20	1.00	0.50							
15	4.63	1.25	0.75	0.00						
16	5.23	2.00	1.33	0.33						
18	6.00	3.00	2.00	1.00	0.00					
19	6.50	3.33	2.50	1.33	0.33					
21	7.00	4.00	3.00	2.05	0.75	0.00				
23	7.55	4.33	3.35	2.25	1.33	0.35	0.00			
25	8.00	4.85	4.33	2.80	1.88	1.00	0.33			
27	8.33	7.00	5.00	3.25	2.33	1.85	0.45	0.00	2.00	
30	11.00	15.00	8.00	7.00	5.50	4.00	3.00	1.50	9.00	
35	13.83	22.00	10.00	8.50	7.00	5.50	4.00	2.85	16.00	
40	16.00	26.00	13.00	12.00	11.00	9.00	7.00	5.50	17.00	3.00
45	18.00	30.00	14.50	13.00	12.00	10.00	8.50	7.00	18.00	6.00
50	20.50	33.00	17.00	16.00	14.50	12.00	10.00	9.50	20.00	7.00
70	25.00	38.00	22.00	20.00	18.00	16.00	13.50	11.00	22.00	10.00

表 5 2008–2009 年主要气象数据
Table 5 Main meteorological data from 2008 to 2009

项目 Item	年份 Year	月份 Month				
		6 月 June	7 月 July	8 月 Aug.	9 月 Sep.	10 月 Oct.
温度 Temperature (°C)	2008	24.07	26.30	25.66	21.21	15.98
	2009	26.56	26.27	25.41	20.75	16.64
	2010	25.29	27.57	25.87	21.56	14.03
日照时数 Sunshine time (h d ⁻¹)	2008	6.25	4.62	6.73	6.63	6.45
	2009	9.57	7.11	6.11	5.17	6.96
	2010	7.45	6.22	3.84	5.09	6.75
降水 Precipitation (mm)	2008	24.8	273.4	107.6	67.3	20.4
	2009	71.1	239.4	131.2	34.9	12.9
	2010	45.7	94.4	226.9	121.7	3.0

小麦在分蘖期间,分蘖与主茎干物重比值(蘖/茎)均随着种植密度增加而降低,成穗分蘖的蘖/茎值在拔节期大于 0.5,未成穗分蘖低于 0.5。随生育进程增长,分蘖的净光合速率比主茎缓慢,随密度增加分蘖与主茎的差距加大^[15]。本研究表明,随密度增加,分蘖数量减少,分蘖生长速度减慢,有独立根系的分蘖减少,分蘖与主茎的竞争能力减弱,后期消亡率增大。

3.3 分蘖特性与气候条件的关系

Davidson 等^[26]指出,小麦分蘖发生受土壤有效水分和植株内水分状况的影响,当土壤水分不足时,分蘖减少。正常气候条件下,普通玉米品种基本不分蘖。王小星等^[27]报道,2009 年河南省因 6 月份高温、光照充足,研究的 30 个玉米品种均存在分蘖现象,先玉 335 分蘖率最大达 74.9%,济单 7 号最小为 4.8%,郑单 958 为 29.8%。本试验中,WY97-1 和 ZD958 在 2008 年和 2009 年试验中部分单株有分蘖产生,2010 年均无分蘖产生。可能是 2010 年 6、7 月份比 2009 年同期降水量减少 35.7%和 60.6%,日照时数减少 22.2%和 12.5%所致。

光是分蘖的决定因素,光照充足有利于延长分蘖期、提高分蘖率、促进分蘖生长^[27]。光照不足、阴雨多、温度低使水稻发育延缓、秧苗瘦弱、光合产物少、分蘖数显著减少、后生分蘖因主茎供给的营养不足而大量死亡、穗数不足^[28-29],但温度过高抑制生物活性,影响分蘖生长^[30]。小麦生长季内温度过高,导致分蘖期缩短,分蘖数减少^[30]。本研究通过不同播期对分蘖产生的影响说明温度高有利于分蘖产生,玉米是喜温作物,但有利于分蘖的温度范围还需进一步研究。另外,普通玉米产生分蘖是否对产量形成产生影响及其机理也有待于进一步研

究。

4 结论

玉米主茎与分蘖符合 $n=N-3$ 叶蘖同伸规律,但不同类型玉米分蘖特性存在差异, MXG 分蘖能力最强,生育期间分蘖数持续增加,最大分蘖数达到 25~40 个,其中次级分蘖数较多,对总茎数贡献率较大; KD4 分蘖能力也较强;普通玉米 WY97-1 和 ZD958 分蘖能力较弱。分蘖能力受气候条件影响较大,高温强光条件下有利于分蘖发生,多雨寡照不利于分蘖发生。不同类型玉米分蘖均受播种时期和种植密度调节,高光热、低密度条件促进分蘖形成和生长。随播期推迟,最高分蘖数增大,最终分蘖数减少。随种植密度增大,最大分蘖数和最终分蘖数减小、弱势分蘖消亡时间提前且消亡速度加快、分蘖消亡率增大。

References

- [1] Yu Z-W(于振文). Crop Cultivation Science (North) (作物栽培学-北方本). Beijing: China Agriculture Press, 2003 (in Chinese)
- [2] Song F-B(宋凤斌), Sun X-Q(孙晓秋), Chen D(陈丹), Wang S-Y(王思远). Study on the relationship between the tillers and the grain yield of corn. *J Jilin Agric Sci* (吉林农业科学), 1991, (4): 32–34 (in Chinese with English abstract)
- [3] Katayama T(片山佃). Study on Tillering of Rice and Wheat. Tokyo, Japan, 1951 (in Japanese)
- [4] Kou C-X(寇从贤). Discussion on relationship between the leaf age of main stem and tiller of rice. *Hubei Agric Sci* (湖北农业科学), 2001, (2): 15–17 (in Chinese)
- [5] Lu X-L(鲁雪林), Zhou H-L(周汉良), Zheng Q-L(郑秋玲). The studies on tiller regularity and productive forces of rice. *J Agric*

- Univ Hebei* (河北农业大学学报), 2000, 23(3): 12–15 (in Chinese with English abstract)
- [6] Nanjing Agricultural College. Crop Cultivation Science (South) Book One (作物栽培学-南方本-上册). Shanghai: Shanghai Scientific and Technical Publishers, 1981 (in Chinese)
- [7] Mao K-Y(毛坤一), Xu X(徐熙), Zhou C-H(周长海). The rules of leaf and tiller growth and tiller number of wheat under early and lowing density sowing. *Jiangsu Agric Sci* (江苏农业科学), 1992, (6): 1–4 (in Chinese)
- [8] Jia Z-H(贾振华), Yun Y-L(恽友兰), Huang Z-F(黄曾蕃). Preliminary study on development characters of high-yield cultured of late-sowing wheat. *J Beijing Univ Agric* (北京农学院学报), 1990, 5(1): 96–100 (in Chinese)
- [9] Jia Z-H(贾振华), Yun Y-L(恽友兰), Huang Z-F(黄曾蕃). Preliminary study on mathematical model on high-yield cultivation agronomic measures of late-sowing winter wheat. *Beijing Agric Sci* (北京农业科学), 1990, 8(3): 23–27 (in Chinese)
- [10] Wang R-Q(王瑞清), Yan Z-S(闫志顺), Yuan Y-S(袁永胜), Huang J-D(黄济东). Study on the tillering law of different spring wheat varieties. *J Tarim Univ Agric Reclamation* (塔里木农垦大学学报), 1996, 8(2): 12–16 (in Chinese with English abstract)
- [11] Yan G-B(严光彬), Zhao S-L(赵世龙), Xie F-C(谢复春), Xu Z-H(许哲鹤), Sun J(孙杰). Analysis of the tiller productivity of early rice cultivars: IV. Tiller productivity at different early rice. *J Jilin Agric Sci* (吉林农业科学), 1992, (4): 42–44 (in Chinese with English abstract)
- [12] Wang R-Q(王瑞清), Yan Z-S(闫志顺), Zhao S-Z(赵书贞), Liu Y(刘英). Study on the law of winter wheat's main stem leaves and various tiller's producing before winter. *J Tarim Univ* (塔里木大学学报), 2005, 17(1): 25–27 (in Chinese with English abstract)
- [13] Li Z-J(李志坚), Zhou D-W(周道玮), Hu Y-G(胡跃高). Effects of accumulated temperature and planting density on tillering dynamics of forage rye. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 2004, 15(3): 413–419 (in Chinese with English abstract)
- [14] Guo T-C(郭天财), Sheng K(盛坤), Feng W(冯伟), Xu L-N(徐丽娜), Wang C-Y(王晨阳). Effects of plant density on physiological characteristics of different stems during tillering stage in two spike-types winter wheat cultivars. *Acta Bot Boreali-Occident Sin* (西北植物学报), 2009, 29(2): 350–355 (in Chinese with English abstract)
- [15] Dong J(董静), Li M-F(李梅芳), Xu F-C(许甫超), Ge S-T(葛双桃), Wang Z-X(王贤智), Li L-F(李龙甫). Effect of planting density and sowing date on population traits and grain yield of new wheat cultivar Emai 596. *Hubei Agric Sci* (湖北农业科学), 2010, 49(7): 162–166 (in Chinese with English abstract)
- [16] Hu H-H(胡焕焕), Liu L-P(刘丽平), Li R-Q(李瑞奇), Li H-L(李慧玲), Li Y-M(李雁鸣). Effect of sowing date and planting density on the yield formation of a winter wheat cultivar Henong 822. *J Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2008, 28(3): 490–495 (in Chinese with English abstract)
- [17] Liu W-D(刘万代), Chen X-Y(陈现勇), Yi J(尹钧), Du P-X(杜沛鑫). Effect of sowing date and planting density on population trait and grain yield of winter wheat cultivar Yumai 49-198. *J Triticeae Crops* (麦类作物学报), 2009, 29(3): 464–469 (in Chinese with English abstract)
- [18] Xu L-N(徐丽娜), Feng W(冯伟), Sheng K(盛坤), Zhu Y-J(朱云集), Ma D-Y(马冬云), Guo T-C(郭天财). Difference of endogenous hormones in leaves between main stem and tillers and its effect on spike formation in large spike winter wheat cultivar Lankao Aizao 8 under different plant densities. *Acta Agron Sin* (作物学报) 2010, 36(9): 1596–1604 (in Chinese with English abstract)
- [19] Li C-X(李春喜), Zhao G-C(赵广才), Dai X-M(代西梅). Research on the relationship between wheat tillering dynamics and endogenous hormone. *Acta Agron Sin* (作物学报), 2000, 26(6): 963–968 (in Chinese with English abstract)
- [20] Gao Y-H(高阳华), Luo F-J(罗凤菊), Zhang W-C(张文川). The study of climate-ecological on tillering of south-eastern wheat. *J Sichuan Meteorol* (四川气象), 1992, 4(12): 42–44 (in Chinese)
- [21] Zhang Y-M(张艳敏), Li J-S(李晋生), Huang R-H(黄瑞恒), Shi Y-S(石云素), Wang Q(王勤), Zhao S-J(赵双进). Tillering and ear bearing of hybrid wheat and the effects of agronomic factors. *Acta Agric Boreali-Sin* (华北农学报), 1998, 13(1): 30–35 (in Chinese with English abstract)
- [22] Pan X-B(潘学标), Gou S-W(苟诗薇), Wei Y-R(魏玉蓉), Bu L-J(龙步菊). Impact of climate variation on the yield of crop in Wuchuan County of inner mongol AGRO-PASTORAL. *Chin Agric Sci Bull* (中国农学通报), 2007, 23(8): 526–531 (in Chinese with English abstract)
- [23] Zhao C-P(赵昌平), Guo X-W(郭晓维), Zhang F-Y(张风廷), Zhu D-H(诸德辉), Li H-X(李鸿祥), Dong K-Q(董克勤). Physiological mechanism of wheat tillering and earing under different accumulated temperature in the vegetative growth period.

- Acta Agric Boreali-Sin* (华北农学报), 1996, 11(3): 35–40 (in Chinese with English abstract)
- [24] Feng G-J(冯国郡), Ablet-Abula(阿不来提·阿不拉), Liang X-L(梁晓玲), Li M(李铭). Influence on the density of tiller and multiple ear silage maize to biological yield and correlated analysis of main characters. *Xinjiang Agric Sci* (新疆农业科学), 2003, 40(6): 344–346 (in Chinese with English abstract)
- [25] Gao S-M(高世铭), Zhai Y-S(翟允禔). The law of tiller bud development of wheat and its availability. *Acta Univ Septentrionali Occident Agric* (西北农业大学学报), 1988, 16(2): 23–28 (in Chinese with English abstract)
- [26] Davidson D J, Chevalier P M. The effect of water deficit caused by PEG on tillering of spring wheat. *Crop Sci*, 1987, 27: 1185–1187
- [27] Wang X-X(王小星), Li C-H(李潮海). Study on tiller characteristics of maize varieties in abnormal weather condition. *J Maize Sci* (玉米科学), 2010, 18(3): 121–124 (in Chinese with English abstract)
- [28] Jiang D-L(蒋德隆). The model of relations of rice tillering to light and temperature conditions. *Acta Bot Sin* (植物学报), 1982, 24(3): 248–251 (in Chinese)
- [29] Li L(李林), Zhang G-S(张更生), Ji F-J(嵇福建), Cao Y-D(曹燕东). A study on insufficient illumination during the tillering stage of rice. *Chin J Agrometeorol* (中国农业气象), 1990, 11(8): 12–17 (in Chinese with English abstract)
- [30] Zhu S-Y(朱寿燕). Tillering dynamics of rice and the effect of light and temperature factors. *J Zhejiang Meteorol* (浙江气象科技), 1988, 9(2): 27–30 (in Chinese)