

播期对春玉米生长发育与产量形成的影响*

刘明¹ 陶洪斌¹ 王璞^{1**} 易镇邪¹ 鲁来清² 王宇²

(1. 中国农业大学农学与生物技术学院 农业部作物栽培与耕作学重点实验室 北京 100094;

2. 中国农业大学吴桥实验站 吴桥 061800)

摘要 以“郑单958”和“鲁单984”为材料,比较研究了两个播期(4月24日和5月15日)条件下春玉米的生长发育和产量形成,探讨了春玉米生长发育与气候条件的关系。结果表明,不同播期的春玉米生长发育和产量都存在显著差异。与4月24日播期相比,5月15日播期的春玉米产量(干重)提高2 157 kg·hm⁻²(郑单958)和1 137 kg·hm⁻²(鲁单984)。粒重在播期间、品种间及播期与品种互作间差异均不显著。穗粒数在品种间不显著,但在播期间差异达显著水平,第2个播期穗粒数提高幅度达37.8%(郑单958)和11.2%(鲁单984)。通过对不同播期间气象因子的分析发现,降雨是影响华北平原春玉米生长发育和产量形成的最重要气象因子。降雨主要通过对穗粒数的调节来影响产量。开花期降雨过多所带来的低温寡照影响玉米的受精授粉与结实;拔节至大喇叭口期降雨通过调节叶面积大小影响作物干物质积累,进而影响籽粒的发育情况。本试验中,5月15日是春玉米获得高产的最佳播期。合理安排播期,重视降雨对春玉米生长发育及产量形成的影响,是华北平原春玉米获得高产的重要措施。

关键词 华北平原 春玉米 产量形成 播期

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2009)01-0018-06

Effect of sowing date on growth and yield of spring-maize

LIU Ming¹, TAO Hong-Bin¹, WANG Pu¹, YI Zhen-Xie¹, LU Lai-Qing², WANG Yu²

(1. College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University; Key Lab of Crop Cultivation and Farming System, Ministry of Agriculture, Beijing 100094, China; 2. Wuqiao Research Station, China Agricultural University, Wuqiao 061800, China)

Abstract Two sowing dates (April 24 and May 15) and two genotypes (“Zhengdan958” and “Ludan984”) were used to investigate the effect of meteorological change on the growth, development and yield of spring-maize. The results indicate significant differences in the growth and yield of spring-maize under different sowing dates. Yield of spring maize sown on May 15 increases by 2 157 kg·hm⁻² for “Zhengdan958” and 1 137 kg·hm⁻² for “Ludan984” than those sown on April 24. 1000-grain weight difference between two sowing dates and genotypes are insignificant. Difference in grain number per ear-corn is insignificant between the two genotypes, but significant between the two sowing dates. Grain number per ear-corn for spring-maize sown on May 15 increases by 37.8% in “Zhengdan 958” and 11.2% in “Ludan 984” over those sown on April 24. Kernel number decline constitutes the main reason for low grain yield in spring maize which is driven by climatic factors. Precipitation affects yield by decreasing kernel number. Low temperature and solar radiation, due to high precipitation during flowering, leads to low pollination, hence low kernel number. Also the lack of dry matter accumulation as a result of low precipitation during 6-to-12-leaf stage affects kernel development. Thus May 15 is a better sowing date for the high yield. Determining appropriate sowing date and reducing the negative effects of precipitation on yield are key factors for high yield spring-maize in North China Plain.

Key words North China Plain, Spring maize, Yield formation, Sowing date

(Received Feb. 19, 2008; accepted May 28, 2008)

* 国家自然科学基金项目(30571089)和中德合作项目 DFG 资助

** 通讯作者: 王璞(1957~), 男, 博士生导师, 教授, 主要研究方向为作物高产及资源高效利用。E-mail: wangpu@cau.edu.cn

刘明(1980~), 女, 在读博士, 主要从事资源高效利用和农业可持续发展研究。E-mail: hjyfuyhjy@126.com

收稿日期: 2008-02-19 接受日期: 2008-05-28

华北平原在我国的粮食生产中占有重要地位,耕地面积占全国总面积的 27.9%,粮食总产量占全国总量的 26.4%^[1]。但华北平原水资源总量仅占全国的 7.6%,人均水资源量仅为全国人均的 1/5^[2],供需矛盾十分突出。冬小麦-夏玉米一年两熟制是该地区主要的种植制度。研究指出,除华北平原南部的极少地区外,降水量一般都不能满足一年两熟作物对水分的要求,原因在于冬小麦生育期内水分亏缺严重^[3,4]。地表水资源紧张导致该地区不得不大量开采地下水作为灌溉水,因而导致该地区地下水位不断下降,出现地下漏斗等问题^[5,6]。有研究证实冬小麦季即使在一定程度上减少灌溉仍不能达到地下水资源的采补平衡,长远来看应减少冬小麦的种植面积、增加低耗水作物的比例^[7]。玉米生长和华北平原降水的时间和空间分布耦合度最好,而春玉米光温水(降水+灌溉)的生产潜力又被认为优于夏玉米^[8,9]。因此以华北平原产量潜力大、灌溉水需求量少的春玉米为主要作物研究新型种植制度,以达到充分利用自然降水、减少地下水消耗量且兼顾粮食安全的目的十分必要。本试验通过分期播种的方式,探索改变播期所引起的气象条件变异对春玉米生长发育和产量形成的影响,旨在为该地区春玉米的高产栽培及节水型种植模式的研究提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验设计

试验于 2005 年在中国农业大学吴桥试验站进行。试验站位于 37°41'02"N, 116°37'23"E, 属华北平原黑龙港流域中部。试验地 0~20 cm、20~40 cm 土层基础养分情况为有机质 1.45 g·g⁻¹、0.83 g·g⁻¹, 全氮 0.98 g·kg⁻¹、0.57 g·kg⁻¹, 碱解氮 65.2 mg·kg⁻¹、45.8 mg·kg⁻¹, 速效钾 124.9 mg·kg⁻¹、100.3 mg·kg⁻¹, 有效磷(Olsen-P)15.3 mg·kg⁻¹、8.9 mg·kg⁻¹。该地区多年平均降雨量为 562 mm, 多年平均气温为 13.1 。

试验选用紧凑型品种“郑单 958”(郑 58×昌-72)和半紧凑型“鲁单 984”(Lx9801×掖 478)两个品种, 设 4 月 24 日和 5 月 15 日两个播期, 随机区组设计, 3 次重复, 处理及代码见表 1。小区面积 38.4 m²(8 m×4.8 m), 种植密度为 67 500 株·hm⁻², 行距 60 cm。总施氮量 300 kg(N)·hm⁻², 分别于播前、拔节和大喇叭口期耩施, 比例为 2 1 2。播前一次性施入磷(P₂O₅) 90 kg·hm⁻², 钾(K₂O) 45 kg·hm⁻², 磷钾肥分别采用重过磷酸钙和硫酸钾。全田于 4 月 18 日和 6 月 16 日分别灌水 75 mm。

表 1 试验处理及代码

Tab.1 Treatments and their codes

播期(月-日) Sowing date (month-day)	品种 Variety	处理代号 Code of treatment
04-24	郑单 958 ZD 958	Z-4.24
	鲁单 984 LD 984	L-4.24
05-15	郑单 958 ZD 958	Z-5.15
	鲁单 984 LD 984	L-5.15

1.2 观测项目与方法

气象数据来源于吴桥试验站的 HL10 型电子气象站(台湾 JAUNTERING 公司)。分别于拔节、大喇叭口、开花、乳熟和完熟期取样, 每小区取植株 3 株, 测定叶面积、干物重。叶面积(LA)用长宽系数法测定, 根据 LA 计算叶面积指数(LAI); 分别将叶、茎、穗(苞叶+籽粒+穗轴)等各部分装袋, 于 105 下杀青 30 min, 80 下烘至恒重, 测定干物质积累。每个小区取中间 4 行 3 m 进行田间测产, 按大小比例取 10 个果穗考种, 测定穗长、秃尖长、穗行数、行粒数、穗粒数和千粒重。

$$\text{物质生产速率 (g·株}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}) = \frac{\text{干物质积累量}}{\text{累积天数}} \quad (1)$$

1.3 数据分析

采用 SAS9.0 作为数据处理和分析软件。

2 结果与分析

2.1 播期对春玉米生长发育的影响

2.1.1 播期对春玉米生育时期的影响

由表 2 可知, 播期对“郑单 958”和“鲁单 984”生育时期的影响一致。两品种 4 月 24 日播期的春玉米生长期均为 135 d, 5 月 15 日播期的生长期为 126 d。后一个播期与前一播期相比, 播种至拔节期缩短 6 d, 拔节至大喇叭口期缩短 2 d, 开花至腊熟期缩短 4 d, 但腊熟期至完熟期延长 2 d, 大喇叭口期至开花期延长 1 d。推迟播期后, 除大喇叭口到开花期和蜡熟期至完熟期之外, 各生育时期的持续时间均减少, 其中播种到拔节期缩短 14.3%, 缩短幅度最大。

由表 3 可知, 播种至拔节期, 5 月 15 日播期的玉米较 4 月 24 日播期的有效积温、日均温和气温日较差分别增加 52 、3.36 和 0.52 , 光能辐射量减少 202 MJ·m⁻², 降雨量减少 2.7 mm。拔节至大喇叭口期, 5 月 15 日播期的玉米较 4 月 24 日播期的有效积温减少 22 , 气温日较差减少 1.00 , 日均温增加 0.88 , 光能辐射量减少 53 MJ·m⁻², 降雨量增加 41.7 mm。大喇叭口至开花期, 5 月 15 日播期的有效积温、日均温比 4 月 24 日播期增加 20 和 0.21 , 气温日较差减少 4.61 , 光能辐射量增加 4 MJ·m⁻², 降雨量减少 6.2 mm。开花至腊熟

表 2 不同播期下春玉米生育时期持续时间(月-日)的变化

Tab.2 Effects of sowing date on the growing period (month-day)

生育时期 Growing period	郑单 958 ZD958		鲁单 984 LD984	
	Z-4.24	Z-5.15	L-4.24	L-5.15
播种期 Sowing date	04-24	05-15	04-24	05-15
拔节期 Shooting date	06-05	06-20	06-05	06-20
大喇叭口期 13-leaf date	06-22	07-05	06-22	07-05
开花期 Flowering date	07-03	07-17	07-03	07-17
腊熟期 Medium milking date	08-09	08-19	08-09	08-19
完熟期 Harvest date	09-05	09-17	09-05	09-17

表 3 不同播期下各个生育时期的气候条件比较

Tab.3 Comparison of climatic conditions of growing period of spring maize with different sowing dates

播种日期 (月-日) Sowing date (month-day)	生育时期 Growing stage	天数 Days of growing period (d)	有效积温 Available accumulated temperature ()	日均温 Mean daily temperature ()	气温日较差 Day-night temperature difference ()	光能辐射量 Solar radiation (MJ · m ⁻²)	降雨量 Precipitation (mm)
04-24	播种~拔节期 S~S ¹⁾	42	478	21.37	14.34	786	33.7
	拔节~大喇叭口期 S~13L ²⁾	17	293	27.21	15.99	231	11.6
	大喇叭口~开花期 13L~F ³⁾	11	192	27.49	14.79	117	38.9
	开花~腊熟期 F~MM ⁴⁾	37	650	27.57	9.73	431	86.5
	腊熟~完熟期 MM~H ⁵⁾	27	423	25.11	10.86	346	68.6
05-15	播种~拔节期 S~S	36	530	24.73	14.86	584	31.0
	拔节~大喇叭口期 S~13L	15	271	28.09	14.99	178	53.3
	大喇叭口~开花期 13L~F	12	212	27.70	10.18	121	32.7
	开花~腊熟期 F~MM	33	575	27.42	9.16	395	108.0
	腊熟~完熟期 MM~H	29	405	23.60	12.02	310	4.7

1) Sowing ~Shooting; 2) Shooting~13-leaf; 3) 13-leaf~Flowering; 4) Flowering~Medium milking; 5) Medium milking~Harvest.

期, 5月15日播期的有效积温、日均温比4月24日播期减少75 和0.15, 气温日较差减少0.57, 光能辐射量减少36 MJ · m⁻², 降雨量增加21.5 mm。腊熟至完熟期, 5月15日播期的有效积温、日均温比4月24日播期减少18 和1.51, 气温日较差增加1.16, 光能辐射量减少36 MJ · m⁻², 降雨量减少63.9 mm。

播期变化, 引起玉米不同生育阶段气象条件变化, 从而影响玉米生长发育进程。推迟播期后, 就气象因子在各个生育时期的变化而言, 有效积温在播种到拔节期、大喇叭口到开花期及开花到腊熟期变化幅度都在10%左右, 其他时期变化较小; 日均温在播种到拔节期变化较大, 升高3.36, 在其他生育时期变化幅度都较小; 气温日较差在大喇叭口到开花期变化较大, 下降4.61, 其次在腊熟到完熟期上升1.16, 其他时期变化幅度都较小; 光能辐射量的变化主要在前期, 播种至拔节期、拔节至大喇叭口期分别下降202 MJ · m⁻²和53 MJ · m⁻², 其他生育时期变化较小; 降雨量在各个生育时期变化都较为剧烈, 其中拔节到大喇叭口期上升41.7 mm, 腊熟到完熟期下降63.9 mm。

2.1.2 播期对春玉米叶面积指数(LAI)的影响

从图1可以看出, 不同播期春玉米 LAI 在全生

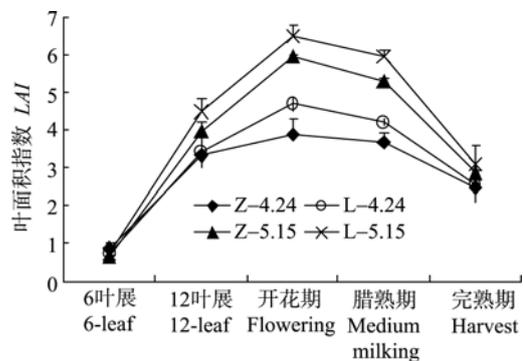


图 1 不同播期对“郑单 958”和“鲁单 984”各生育时期叶面积指数变化的影响

Fig. 1 Effects of sowing date on LAI of “ZD958” and “LD984” in different growing stages

育期总的变化趋势为: 拔节(6叶展)至大喇叭口(12叶展)期增加迅速, 大喇叭口期至开花期增势变缓, 开花期之后开始下降。总体来看, 5月15日播期的 LAI 大于4月24日播期的 LAI。在同一播期下, “鲁单 984”的 LAI 在整个生育过程中总大于“郑单 958”。两个播期的 LAI 自大喇叭口期开始出现明显差异。

2.1.3 播期对春玉米干物质积累的影响

由图2可知, 在整个生育过程中, 两个播期在拔节至大喇叭口期干物质积累量和累积速率相差不大, 从大喇叭口期开始5月15日播期的累积速率开

始高于 4 月 24 日播期, 且随生育进程推进不同播期间的干物重累积量差异逐渐扩大。同一播期条件下, 腊熟前“郑单 958”干物质累积量高于“鲁单 984”, 但腊熟期之后, “鲁单 984”累积速率大于“郑单 958”。两个播期中, 在整个生育期内半紧凑型的“鲁单 984”的叶面积指数大于紧凑型的“郑单 958”。但两个品种整个生育期干物质累积量相差不大, 说明“郑单 958”的株型对光能的利用效率较高, 其单位叶面积的物质生产能力较强。

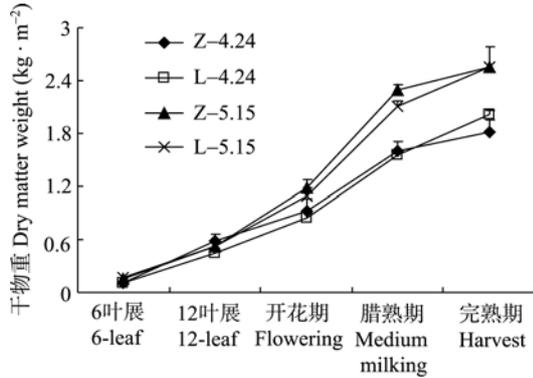


图 2 不同播期对“郑单 958”和“鲁单 984”各生育时期地上部干物质积累动态的影响

Fig. 2 Effect of sowing date on shoot dry matter accumulation of “ZD958” and “LD984” in different growing stages

2.2 播期对春玉米产量及产量构成因素的影响

由表 4 可知, 5 月 15 日播期的春玉米产量(干重)与 4 月 24 日播期相比分别提高 2 157 kg·hm⁻²(“郑单 958”)和 1 137 kg·hm⁻²(“鲁单 984”), 差异达极显著。本试验条件下, 获得最高产量的品种与播期的最佳组合为 5 月 15 日播期的“郑单 958”。在产量构成因素中, 千粒重在播期间及品种间差异均

不显著; 穗粒数在品种间差异不显著, 但在播期间差异达显著水平。“郑单 958”和“鲁单 984”推迟播种后穗粒数分别提高 37.8%和 11.1%。可见在产量因素中, 穗粒数受播期的影响较大。

表 4 不同播期条件下春玉米产量及其构成因素
Tab. 4 Yield and yield components of spring maize with different sowing dates

处理 (Treatment)	籽粒产量(干重) (Grain yield (dry matter, kg·hm ⁻²))	千粒重(干重) (1000-kernel weight (dry matter, g))	穗粒数 (Kernel numbers per ear-corn)
Z-4.24	8 534 b	320.7 a	426.0 b
L-4.24	8 814 b	300.4 a	461.3 ab
Z-5.15	10 691 a	323.9 a	587.2 a
L-5.15	9 951 a	326.7 a	512.6 ab

不同字母代表 5%水平差异显著 Different letters represent significantly difference at P≤0.05, n=3. 表 6 同 The same as Tab.6.

由表 5 可知, 推迟播期后, 变异较大的气象因子是玉米不同生育时期的光能辐射量和降水量。与 4 月 24 日播期的玉米相比, 5 月 15 日播期的玉米花后 10 d 的总光能辐射量上升 13.16 MJ·m⁻², 降雨量下降 88.5%, 开花后 10 d 内降水日数仅为 1 d。表明该时期光照充足, 降雨少有利于玉米的开花授粉。4 月 24 日播期的玉米开花后 10 d 内降水日数为 3 d, 降雨同时也导致光能辐射量的降低。

表 6 列出了不同播期条件下玉米开花前后的物质生长速率及收获时果穗的穗部性状。5 月 15 日播期的两个品种大喇叭口期至开花期与开花期至乳熟期的物质生长速率都显著增加, 其中, 5 月 15 日播期的“郑单 958”在这两个时期的物质生长速率分别提高 77.3%和 82.7%, “鲁单 984”提高 31.3%和

表 5 不同播期开花后 10 d 内的气候条件比较

Tab. 5 Comparison of climate condition of 10 days after flowering of spring maize with different sowing dates

播种期(月-日) (Sowing date (month-day))	光能辐射量 (Solar radiation (MJ·m ⁻²))	日均温 (Mean daily temperature (°C))	温差 (Daily temperature difference (°C))	降水 (Precipitation (mm))	有效积温 (Effective accumulated temperature (°C))
04-24	111.70	28.24	11.12	27.9	182.4
05-15	124.86	28.33	9.67	3.2	183.3

表 6 播期对不同品种春玉米开花前后物质生产速率和穗部性状的影响

Tab.6 Effects of sowing date and variety on crop growing rate at flowering stage and ear characters of spring maize

处理 (Treatment)	物质生产速率 (Crop growing rate (g·plant ⁻¹ ·d ⁻¹))		秃尖 (Length of aborted part (cm))	穗长 (Ear length (cm))	穗行数 (Row number per ear-corn)	行粒数 (Kernel numbers per row)
	大喇叭口期~开花期 (13-leaf~flowering)	开花期~乳熟期 (Flowering~milking)				
Z-4.24	4.36 b	2.49 b	3.81a	17.56 b	15.30 a	28.0 b
L-4.24	5.04 b	2.64 b	2.21ab	19.58 ab	15.47 a	33.6 a
Z-5.15	7.73 a	4.55 a	1.34 b	19.67 ab	15.87 a	38.4 a
L-5.15	6.62 a	4.14 a	1.01b	20.70 a	14.67 a	37.7 a

56.8%。从穗部性状看,推迟播种后,两个品种秃尖长的缩短及“郑单 958”行粒数的增加都达到显著水平,果穗长度品种间差异显著、播期间差异不显著,穗行数在播期间和品种间均无显著差异。

3 讨论与结论

3.1 播期对春玉米各生育期持续时间、叶面积指数及干物质积累的影响

一般认为气温和光照是影响生育时期长短的主要生态因子^[10]。玉米为喜温短日照作物,从整个生育期看,播期的推迟引起了全生育期持续时间的缩短,推迟播期后所带来的温度升高是影响生育期持续时间变化的主要原因。本试验中延迟播种后播种至拔节期缩短幅度最大,与前人研究相符合^[11],温度的变异是该阶段缩短的主要原因^[12]。

有研究表明不同播期下叶面积指数动态变化差异显著^[13]。本试验中以大喇叭口期为界,大喇叭口期前两个播期叶面积指数差异不显著,大喇叭口期后差异较大。比较两个播期拔节至大喇叭口期的气象因子可知,推迟播期后除降雨量显著增加、光能辐射量显著降低外,与气温相关的气象因子变化均不大。据此可推测降雨量的增大是第 2 个播期叶面积指数增加的根本原因。充足的水分供应使得单株叶片生长的潜力得到发挥,促进了中上部叶片面积的增大。在随后的大喇叭口至开花期叶片数目增加,使单株总叶面积增加的幅度继续扩大。玉米各个时期的干物质生产量与该时期的叶面积呈显著正相关^[13, 14]。两个播期春玉米干物质积累趋势与叶面积指数动态变化趋势相似,但不同播期下干物质积累开始出现差异的时间向后推迟了 1 个时期,说明干物质积累的变化与前一时期叶面积指数的变化密切相关。因此虽然不同播期干物质积累自开花期始出现较大差异,但大喇叭口期气象条件的变化导致两播期 LAI 变化才是其产生差异的根本原因。大喇叭口期是玉米一生中生长发育的关键期,也是水分需求的敏感期。降水的增加有利于植株对土壤中养分的吸收,水分和养分的充足供应使得叶片的生长潜力得到充分发挥。“源”的扩大提高了植株的物质生产能力,表现为干物质积累的增加。

3.2 播期对春玉米产量及产量构成因素的影响

播期对华北平原春玉米产量的影响显著,其中穗粒数受到的影响较大,并最终限制产量的提高(表 4)。大量研究表明,穗粒数是产量构成三因素中变幅最大的,也是受环境条件影响波动较大的因子^[15, 16]。穗粒数的多少取决于雌穗分化的总小花数、受精的小花数以及受精后的小花发育为有效粒数的数目^[15]。而

小花分化、授粉受精、籽粒形成和发育等一系列过程都有可能受到不利环境因子的影响。

在逆境条件下,玉米产量常随穗粒数的降低而剧减。若开花散粉期长期阴雨、湿度大,花粉易吸水膨胀而丧失活力,影响授粉造成缺粒^[17]。此外,散粉到乳熟初期光照不足可能使花丝伸长减缓,甚至停止,同时增加了未成熟小花和未受精小花的数量^[18],表现为结实率下降、秃尖较长、出籽率较差^[19]。也有报道指出玉米开花散粉期水量偏少,日照时数偏多有利于增加穗粒数,增加产量^[20]。本研究证实,早播春玉米(4 月 24 日播种)与推迟播期春玉米相比,在花后 10 d 内降雨时数增多、雨量大,总光照辐射减少。其产量表现为早播春玉米籽粒产量降低、秃尖长度增加和行粒数及穗粒数减少达到显著水平(表 6)。

玉米穗粒数的最终形成除与开花时的散粉受精情况有关外,还取决于受精后的小花是否能够形成有效粒数,即灌浆过程中的籽粒败育问题。本试验中,两个播期下开花到成熟期内总光照、总降雨量和日均温相差不大(表 3)。说明本研究中花后生态条件对不同播期间籽粒败育情况的差异影响较小。大量研究表明,同化物供应不足会导致籽粒败育的增加^[16, 21-23],穗粒数与花期单株光合速率有关,表现为穗粒数与抽丝前后的物质生长速率有关^[17, 24]。本研究中,推迟播期后的春玉米开花期前后的物质生产速率较早播春玉米都有显著提高。迟播春玉米大喇叭口期至完熟期的叶面积指数和干物重增长总量和增长速率都高于早播玉米。证明迟播春玉米单株的生产力旺盛,制造和积累同化产物较多,从而满足抽丝前后作物快速生长发育的需求,促进籽粒的早期发育和穗粒数形成。

3.3 华北平原春玉米适宜播期的选择

一般认为,北方玉米适当早播可以增产。早播玉米前期生长处于较低温度及雨水不多条件下,可延缓地上部生长,促进根系下扎,加强营养生长从而获得高产^[25]。陆卫平等^[26]提出“提高日照时数、强源扩库”的原则来安排播期。陈国平等^[27]通过对我国北方玉米生长研究后认为,早播延长生育期且使籽粒灌浆期处于较优越的光热条件下,明显提高了产量。邓根云^[28]解释说:早播玉米叶面积的高峰期处于全年辐射能最高的时期,光能生产潜力最高;其后播种的玉米光能利用率低。上述研究和结论多建立在分析光温因子对产量和生长发育的影响上^[29-31],认为降水可以补充调节^[28]。但是,气温、日照和降水在玉米生长发育的全生育期、各生育阶段之间有密切关系,不考虑三者之间的相互关系,对其进行与产量关系的研究有一定局限性^[19]。本试验条件下,

降水在玉米生长发育和籽粒形成中有着至关重要的作用。早播春玉米开花授粉期间降雨对散粉的影响很难用人工措施来消除,而迟播春玉米植株生长旺盛具有较优叶面积指数,有利于干物质积累并向籽粒转移减少籽粒败育^[32],且开花授粉期错过 7 月上中旬的雨季,提高授粉受精率,增加穗粒数。因此,华北平原春玉米播期应首先考虑春玉米的开花授粉期错过雨季,以提高结实率和增加穗粒数。

4 小结

播期对春玉米总生育期及不同生育阶段持续时间影响显著,其中播种至拔节期持续时间变异最大,温度条件的差异是其主要原因。不同播期间春玉米叶面积指数和干物质累积量差异显著,拔节至大喇叭口的降雨是其出现差异的根本原因。

播期对华北平原春玉米产量的影响显著,其中穗粒数受到的影响最大。降雨是影响华北平原春玉米生长发育和产量形成的最重要气象因子。降雨主要通过调节穗粒数的调节来影响产量。开花期降雨所带来的低温寡照影响玉米的受精授粉与结实,拔节至大喇叭口期降雨通过调节叶面积大小影响作物干物质积累,进而影响籽粒的发育情况。

春玉米播期的选择不应单纯考虑温光因子,应重视降雨对玉米开花期授粉受精与结实的影响。华北平原春玉米的播期以开花期避开雨季为首要考虑因素。

参考文献

- [1] 张云贵,刘宏斌,李志宏,等. 长期施肥条件下华北平原农田硝态氮淋失风险的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2005, 11(6): 711-716
- [2] 陈志恺,徐子恺,于静洁,等. 中国水资源及其演变趋势[M]//刘昌明,陈志恺. 中国水资源现状评价和供需发展趋势分析. 北京: 中国水利水电出版社, 2001: 109-120
- [3] 莫兴国. 华北平原 1981~2001 年作物蒸散量的时空分异特征[J]. 自然资源学报, 2005 (2): 181-187
- [4] 左大康. 华北平原的适水种植问题[M]//许越先,刘昌明,沙和伟. 农业用水有效性研究. 北京: 科学出版社, 1992: 29-34
- [5] 朱希刚. 华北平原水资源农业利用问题[J]. 调研世界, 1998 (4): 9-12
- [6] 王会肖. 华北平原水资源供需与作物水分利用效率指征分析[J]. 生态农业研究, 1999, 7(3): 11-15
- [7] 姜杰,张永强. 华北平原灌溉农田的土壤水量平衡和水分利用效率[J]. 水土保持学报, 2004 (6): 61-65
- [8] 薛志士,罗其友,宫连英. 华北平原节水农业模式[M]//薛志士. 节水农业宏观决策基础研究. 北京: 气象出版社, 1998: 104-105
- [9] 赵华甫,张凤荣,李佳,等. 北京都市农业种植制度的发展方向——春玉米一熟制[J]. 中国生态农业学报, 2008, 16(2): 469-474
- [10] 梁秀兰,张振宏. 不同播期对玉米生长发育和产量构成因素的影响[J]. 华南农业大学学报, 1991, 12(2): 56-61
- [11] 李挺,牛春丽,王淑惠. 播期对夏玉米阶段发育和产量性状的影响[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(7): 1156-1158
- [12] 郑洪建,董树亭,王空军,等. 生态因素对玉米品种生长发育影响及调控的研究[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2001, 32(2): 117-123
- [13] 张石宝,李树云,胡丽华,等. 播种季节对玉米生长发育及干物质生产和分配的影响[J]. 云南植物研究, 2001, 23(2): 243-250
- [14] 韩湘玲,孔扬庄,陈流. 气候与玉米生产力初步分析[J]. 中国农业气象, 1984 (2): 14-17
- [15] 赵久然. 玉米不同品种基因型穗粒数及其构成因素相关分析的研究[J]. 北京农业科学, 1997, 15(6): 1-2
- [16] 王忠孝,高学曾,许金芳. 关于籽粒败育的研究[J]. 中国农业科学, 1986 (6): 36-40
- [17] 张桂阁,曹修才,侯长荣. 玉米秃顶缺粒原因及预防措施[J]. 中国农业科学, 1996, 4(4): 47-49
- [18] Ellis R. H. 不同玉米栽培品种的光周期、叶片数及雄穗分化至抽雄间隔期的研究[J]. 杂粮作物, 1993 (1): 18-21
- [19] 张泽民,任和平. 不同生态环境对玉米产量和穗粒性状的影响[J]. 华北农学报, 1991, 6(1): 28-34
- [20] 李潮海. 超高产栽培条件下夏玉米产量与气候生态条件关系研究[J]. 中国农业科学, 2001, 34(3): 311-316
- [21] 张风路. 玉米籽粒败育机理研究进展[J]. 玉米科学, 1997, 5(1): 1-9
- [22] Boyle M. G., Boyer J. S., Morgan P.-M. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential[J]. Crop Sci., 1991, 31: 1246-1252
- [23] Schussler J. R., Westgate M. E. Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth[J]. Crop Sci., 1991, 31: 1196-1203
- [24] Vega C. R., Andrade F. H. Reproductive partition and seed set efficiency in soybean, sunflower and maize[J]. Field Crops Res., 2001, 72: 163-175
- [25] 胡达家. 气象条件对玉米生长发育的影响[J]. 东北农学院学报, 1963 (1): 1-12
- [26] 陆卫平,陈国平. 不同生态条件下玉米产量库源关系的研究[J]. 作物学报, 1991, 23(6): 727-733
- [27] 陈国平,尉德铭,刘志文,等. 夏玉米的高产生育模式及其控制技术[J]. 中国农业科学, 1986, 19(1): 33-40
- [28] 邓根云. 气候生产潜力的季节分配与玉米最佳播种期[J]. 气象学报, 1986, 44(2): 193-198
- [29] 郑洪建,董树亭,王空军,等. 生态因素对玉米籽粒发育影响及调控的研究[J]. 玉米科学, 2002, 9(1): 69-73
- [30] 李言照,东先旺. 光温因子对玉米产量和产量构成因素值的考虑[J]. 中国生态农业学报, 2002, 10(2): 86-89
- [31] 李言照,刘光亮. 光温因子与玉米产量的关系[J]. 西北农业学报, 2001, 10(2): 67-70
- [32] 陈流. 北京地区不同类型玉米生产力与光、温条件[J]. 地理研究, 1987 (2): 97