

玉米缺粒与花粒期气象条件的关系分析

柏吉林¹, 周景春², 殷 晗², 张存岭² (1. 安徽省宿州市气象局, 安徽宿州 234000; 2. 安徽省濉溪县气象局, 安徽濉溪 235100)

摘要 利用2015—2017年濉溪县气象局提供的气象资料和杨柳农业科学实验站品种试验数据, 采用统计分析方法, 分析玉米缺粒与花粒期气象条件的关系。3年86个玉米杂交种缺粒与产量和吐丝后气象条件逐步回归分析表明, 缺粒率与行粒数、穗粒重呈负相关, 与百粒重呈正相关; 平均气温, 尤其是平均最低气温较高, 对玉米受精不利; 平均最高气温较低、平均最低气温前高后低、降水量前少后多、日照充足对籽粒建成有利。

关键词 玉米穗粒数; 气象条件; 逐步回归

中图分类号 S162.5 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2018)14-0161-02

Analysis of the Relationship between the Corn Grain Shortage and Meteorological Conditions during the Flowering Period
BAI Ji-lin¹, ZHOU Jing-chun², YIN Han² et al (1. Suzhou City Meteorological Bureau, Suzhou, Anhui 234000; 2. Suixi County Meteorological Bureau, Suixi, Anhui 235100)

Abstract Using the meteorological data provided by Suixi County Meteorological Bureau from 2015 to 2017 and the variety experimental data of Yangliu Agricultural Science Experimental Station, the statistical analysis method was used to analyze the relationship between maize grain deficiency and meteorological conditions at flowering stage. The stepwise regression analysis of corn grain shortage, yield and meteorological condition after silking in 86 corn hybrids in 3 years showed that grain shortage rate were negatively correlated with grain number per row and grain weight per ear, and positively correlated with hundred-grain weight. The average temperature, especially the average minimum temperature, was not good for maize fertilization. The average maximum temperature was low, the average minimum temperature was high in the early period and low in the later period, precipitation was less in the early period and more in the later period, and sunshine was abundant, which was beneficial to grain formation.

Key words Corn grain number; Meteorological conditions; Stepwise regression

公顷穗数、穗粒数和千粒重是构成玉米籽粒产量的三大因素, 随着产量水平的提高, 穗粒数的决定作用愈加显著。穗粒数由品种特性和环境条件所决定。品种特性是指同一品种在不同条件下每穗分化的小花数几乎相同, 而分化的小花能否发育成籽粒则与环境条件有重要的关系。适宜的温度和土壤水分是玉米获得高产必需的基本条件^[1]。水分亏缺、矿质营养不足、高温和低温等都会影响每穗粒数^[2]。笔者利用杨柳农业科学实验站品种试验数据, 分析玉米缺粒与花粒期气象条件的关系, 为气象精准服务提供参考。

1 材料与方法

1.1 供试材料 2014年以来, 受有关单位委托, 濉溪县杨柳农业科学实验站进行了玉米区域试验和品比试验。2015年有冠丰区试、地神品比和中种品比, 参试种33个(含对照); 2016年有冠丰区试及生试, 参试种19个; 2017年有冠丰区试及生试、神农联合体区试(高密度组、机收籽粒组), 参试种34个。3年参试品种共86个, 3次重复, 小区面积20 m²。6月中旬播种, 10月1日前后收获。田间管理按高产田要求进行。

1.2 数据来源与处理 收获前随机选取中间行10个果穗进行室内考种, 考察穗行数、行粒数、穗粒重和百粒重, 测算缺粒率(D_i)。 $D_i = (\text{行粒数} - \text{穗粒数} / \text{穗行数}) / \text{行粒数} \times 85 \times 100\%$, 穗粒数 = 穗粒重 / 百粒重 $\times 100$ 。

玉米花粒期(吐丝—籽粒形成)气象数据来自濉溪县气象局。自吐丝当日开始, 每5 d为一个时段, 计算5日滑动平均气温和5日滑动累积降水量、雨日、日照时数。

1.3 统计分析 利用Excel 2003进行数据处理; 以缺粒率

为应变量, 以气象因子为因变量, 利用DPS v7.05进行相关分析和逐步回归分析。

2 结果与分析

2.1 夏玉米花粒期气象条件 2015年参试种8月7—13日相继吐丝, 早晚相差6 d; 2016年8月2—6日吐丝, 相差4 d; 2017年8月1—6日吐丝, 相差5 d。单日吐丝品种数1~14个, 两端少中间多。3年气象因子组合共18个水平。

2015年8月7—27日平均气温为26.0℃, 日最高气温平均为31.1℃, 日最低气温平均为22.3℃; 降水量16.7 mm, 雨日5 d, 日照时数140.9 h。2016年8月2—20日平均气温28.9℃, 7 d高于30.0℃; 日最高气温平均为32.9℃, 3 d高于35.0℃; 日最低气温平均为26.0℃, 11 d高于26.0℃; 降水量44.7 mm, 雨日9 d, 日照时数120.2 h。2017年8月1—20日平均气温为27.9℃, 5 d高于29.0℃; 日最高气温平均为32.2℃, 2 d高于35.0℃; 日最低气温平均为24.4℃, 8 d高于25.0℃; 降水量97.4 mm, 雨日9 d, 日照时数134.3 h(表1)。

2.2 玉米缺粒与产量性状的相关性 86个杂交种平均穗行数(15.4 ± 1.2), 行粒数(33.6 ± 3.3)粒, 穗粒重(140.7 ± 16.0)g, 百粒重(31.3 ± 3.7)g, 缺粒率($10.0\% \pm 6.7\%$)。相关分析表明, 缺粒率与穗粒重呈极显著负相关, 与行粒数呈显著负相关, 与百粒重呈极显著正相关。显然, 由于粒重的补偿作用, 减产百分率低于缺粒率。

2.3 玉米缺粒与花粒期气象条件的关系

2.3.1 受精阶段。玉米果穗中下部花丝最先抽出苞叶, 其次是基部和中部, 顶部最晚^[3]。从第1根花丝吐出苞叶到全部花丝吐出需4~5 d。玉米完成受精则在吐丝后5 d。

表 1 夏玉米花期气象条件

Table 1 Meteorological conditions of summer corn in flower period

年份 Year	平均气温 Average temperature ℃	平均最高气温 Average maximum temperature//℃	平均最低气温 Average minimum temperature//℃	降水量 Precipitation mm	雨日 Rainy days d	日照时数 Sunshine hours h
2015	26.0	31.1	22.3	16.7	5	140.9
2016	28.9	32.9	26.0	44.7	9	120.2
2017	27.9	32.2	24.4	97.4	9	134.3

回归分析表明,夏玉米果穗缺粒与吐丝后 5 d 内平均气温、平均最高气温、平均最低气温、降水量、雨日和日照时数呈显著或极显著正相关(表 2);但平均气温、平均最低气温以直接作用为主,平均最高气温、降水量、雨日和日照时数以间接作用为主(表 3)。由此可见,夏玉米受精主要受吐丝后 5 d 的平均气温和平均最低气温影响。对平均气温、平均最低气温进行回归分析,得 $D_l = -60.85 + 0.084X_1 + 2.750X_3$, $F = 14.220\ 0$ ($P = 0.001$)。当因变量取平均值时, $D_l = 10.04\%$,约等于样本平均值。这说明平均气温低于 $28.1\ ^\circ\text{C}$,平均最低气温低于 $24.9\ ^\circ\text{C}$,对受精有利。从相关的气象因子个数可以看出,缺粒率主要取决于吐丝后前 10 d 的气象条件。

表 2 吐丝后气象条件与果穗缺粒的相关系数

Table 2 Correlation coefficients between meteorological conditions after silk spinning and corn grain shortage

时段 Period		平均气温 Average temperature (X_1)	平均最高气温 Average maximum temperature(X_2)	平均最低气温 Average minimum temperature(X_3)	降水量 Precipitation (X_4)	雨日 Rainy days (X_5)	日照时数 Sunshine hours (X_6)
吐丝后 5 d 内	Within 5 days after silking	0.450**	0.391**	0.505**	0.426**	0.228*	0.325**
吐丝后 6~10 d	6~10 days after silking	0.224*	0.269**	0.119	0.233*	0.397**	0.180
吐丝后 11~15 d	11~15 days after silking	0.132	0.041	0.144	-0.198	0.125	-0.179

注: * 表示 0.05 水平上显著相关; ** 表示 0.01 水平上极显著相关
Note: * indicates significant correlation at level 0.05; ** indicates extremely significant correlation at level 0.01

表 3 受精阶段气象条件与果穗缺粒的通径系数

Table 3 Path coefficient of meteorological conditions during fertilization and corn grain shortage

作用因子 Acting factor	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect	$\rightarrow X_1$	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_3$	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_5$	$\rightarrow X_6$
平均气温 Average temperature(X_1)	0.749 3	-0.299 7		-0.701 4	0.345 2	0.086 1	-0.036 3	0.006 7
平均最高气温 Average maximum temperature(X_2)	-0.716 8	1.107 6	0.733 2		0.307 4	0.080 9	-0.020 3	0.006 4
平均最低气温 Average minimum temperature(X_3)	0.390 7	0.114 4	0.662 2	-0.564 1		0.092 3	-0.081 6	0.005 6
降水量 Precipitation(X_4)	0.103 6	0.322 6	0.622 5	-0.559 5	0.348 0		-0.093 3	0.004 9
雨日 Rainy days(X_5)	-0.145 6	0.373 7	0.186 9	-0.099 8	0.219 0	0.066 4		0.001 2
日照时数 Sunshine hours(X_6)	0.009 1	0.315 7	0.547 5	-0.507 4	0.239 4	0.055 8	-0.019 6	

2.3.2 籽粒建成阶段。玉米籽粒是完成营养生长后经过穗分化、抽雄、吐丝、授粉、受精后形成的,从吐丝到籽粒建成一般需要 15 d 左右。每一个阶段的生长状况都会最终影响籽粒的形成。

逐步回归分析表明,夏玉米缺粒率与吐丝后 6~10 d 的平均气温、平均最高气温、降水量和雨日呈显著或极显著正相关,与吐丝后 6~10 d 的平均最高气温、平均最低气温、降水量和雨日呈偏相关, $D_l = -56.93 + 2.775X_2 - 1.188X_3 + 0.170X_4 + 2.740X_5$, $F = 9.312\ 4$ ($P = 0.001$), $r_{(y,X_2)} = 0.333\ 6$ ($P = 0.021$), $r_{(y,X_3)} = -0.171\ 0$ ($P = 0.122$), $r_{(y,X_4)} = 0.186\ 2$ ($P = 0.090$), $r_{(y,X_5)} = 0.350\ 4$ ($P = 0.012$)。但平均最高气温、降水量和雨日以直接作用为主,平均最低气温间接作用 > 直接作用(表 4)。当因变量取平均值时, $D_l = 9.98\%$,也约等于样本平均值。这说明早期平均最高气温低于 $31.9\ ^\circ\text{C}$ 、平均最低气温高于 $24.1\ ^\circ\text{C}$ 、降水量少于 $7.5\ \text{mm}$ 、雨日少于 2 d,对籽粒建成有利。

表 4 籽粒建成早期气象条件与果穗缺粒的通径系数

Table 4 Path coefficient of meteorological conditions early grain formation and corn grain shortage

作用因子 Acting factor	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect	$\rightarrow X_2$	$\rightarrow X_3$	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_5$
平均最高气温 Average maximum temperature(X_2)	0.645 9	-0.376 9		-0.286 3	-0.029 2	-0.061 4
平均最低气温 Average minimum temperature(X_3)	-0.324 1	0.443 1	0.570 5		-0.024 3	-0.103 1
降水量 Precipitation(X_4)	0.170 7	0.062 0	-0.110 6	0.046 1		0.126 5
雨日 Rainy days(X_5)	0.353 3	0.043 4	-0.112 2	0.094 5	0.061 1	

3 结论

(1)壳聚糖与皂土联用,能起到较好的协同增效作用,在有效保证澄清效果的同时,能有效除去柠檬汁中的不稳定成分,提高果汁澄清度。

(2)正交试验优化所得的最佳澄清条件为壳聚糖用量 0.4 g/L、皂土用量 1.2 g/L、温度 45 ℃、时间 45 min。

(3)稳定性试验结果表明,经上述最优澄清条件处理后的柠檬汁主要营养成分含量变化不大,果汁总体的冷热稳定性及贮藏稳定性均优于单一壳聚糖和单一皂土处理后的果汁。

参考文献

[1] 吴长青.壳聚糖在果汁澄清工艺上的应用[J]. 饮料工业,2001,4(3):9-11,35.

[2] DOULIA D S,ANAGNOS E K,LIAPIS K S,et al. Effect of clarification process on the removal of pesticide residues in white wine [J]. Food con-

trol,2017,72:134-144.

[3] GULEC H A,BAGCI P O,BAGCI U. Clarification of apple juice using polymeric ultrafiltration membranes: A comparative evaluation of membrane fouling and juice quality [J]. Food and bioprocess technology,2017,10(5):875-885.

[4] GHOSH P,PRADHAN R C,MISHRA S. Low-temperature extraction of jamun juice(Indian black berry)and optimization of enzymatic clarification using box-behnken design[J]. Journal of food process engineering,2017,40(2):1-11.

[5] 郑建中,刘文忠,杜玉斌.皂土在葡萄酒中的应用[J].中外葡萄与葡萄酒,2001(6):55-56.

[6] 章斌,侯小桢,丁心,等.超声处理对壳聚糖脱乙酰度及其澄清柠檬汁的影响研究[J].食品工业,2016,37(10):172-175.

[7] 章斌,罗志,凡芳华.活性炭负载壳聚糖对苹果汁的澄清效果研究[J].食品研究与开发,2013,34(17):15-19.

[8] 丁筑红,王准生,谭书明,等.壳聚糖、皂土澄清剂对发酵酒澄清作用的研究[J].中国酿造,2005,24(11):11-15.

[9] 王雅凡.柿子单宁提取及对啤酒与红葡萄酒澄清效果研究[D].保定:河北农业大学,2015.

(上接第 162 页)

逐步回归分析表明,夏玉米缺粒率与吐丝后 11~15 d 的平均最低气温、降水量、雨日呈偏相关, $D_l = -16.77 + 1.564X_3 - 0.280X_4 - 0.194X_6$, $F = 7.1265$ ($P = 0.003$), $r_{(y,X_3)} = 0.3540$ ($P = 0.010$), $r_{(y,X_4)} = -0.4164$ ($P = 0.001$),

$r_{(y,X_6)} = -0.1704$ ($P = 0.121$),且直接作用 > 间接作用(表 5)。当因变量取平均值时, $D_l = 10.04\%$,同样约等于样本平均值。这说明后期平均最低气温低于 23.3 ℃、降水量多于 10.0 mm、日照时数多于 34.9 h,对籽粒建成有利。

表 5 籽粒建成后气象条件与果穗缺粒的通径系数
Table 5 Path coefficient of meteorological conditions after grain formation and corn grain shortage

作用因子 Acting factor	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect	$\rightarrow X_3$	$\rightarrow X_4$	$\rightarrow X_5$
平均最低气温 Average minimum temperature(X_3)	0.470 3	-0.326 4		-0.377 5	0.051 1
降水量 Precipitation(X_4)	-0.556 0	0.357 9	0.319 4		0.038 5
雨日 Rainy days(X_5)	-0.162 3	-0.016 3	-0.148 0	0.131 7	

3 结论与讨论

开花授粉期的干旱、高温是玉米生产最为严重的 2 个胁迫条件^[4]。玉米花期是对高温最敏感的时期^[5],异常高温热胁迫往往导致玉米籽粒败育^[6]。气温超过 32~35 ℃、相对湿度低于 30% 的条件下花粉容易失去活力,导致产生缺粒现象^[7]。玉米开花授粉期最佳温度为 25~29 ℃。研究表明,平均气温尤其是平均最低气温较高,对玉米受精不利。

籽粒发育分为籽粒建成、干物质线性积累和干物质稳定增长期。籽粒建成期体积急剧增加,含水量迅速上升,但干物质积累少^[8]。到建成末期,籽粒体积可达最终体积的 75% 左右,粒形由圆形逐步变成本身固有的形状。籽粒含水量 80%~90%,胚乳呈清浆状。粒重约为最终质量的 10%。玉米在籽粒形成和灌浆期间对温度也有较高的要求,要求温度在 20~25 ℃,过低或过高均会影响淀粉酶的活性和养分的合成,造成籽粒缺位、粒轻。花期是玉米一生中需水量最多、对水分最敏感的时期,要求田间持水量 70%~80%、空气

相对湿度 65%~90%。花粒期缺水也会引起小花和籽粒败育,导致穗粒数减少;灌浆期缺水则会导致千粒重下降。但水分过多也会降低花粉活力,散粉及花粉传播受阻。研究表明,平均最高气温较低、平均最低气温前高后低,降水量前少后多、日照充足对籽粒建成有利。

参考文献

[1] 冯晔,张建华,包额尔敦嘎,等.高温、干旱对玉米的影响及相应的预防措施[J].内蒙古农业科技,2008(6):38-39.

[2] 罗红兵.玉米的生殖生理与栽培管理(下)[J].湖南农业,2013(6):36.

[3] 李金才,崔彦宏,董海荣,等.夏玉米花丝生长发育动态的研究[J].玉米科学,2002,10(4):45-49.

[4] 张保仁,董树亨,胡昌浩,等.高温对玉米籽粒淀粉合成及产量的影响[J].作物学报,2007,33(1):38-42.

[5] 赵丽晓,雷鸣,王璞,等.花期高温对玉米籽粒发育和产量的影响[J].作物杂志,2014(4):6-9.

[6] 周海,李素琴,张秀河.干旱高温对玉米制种结实率的影响与预防措施[J].种子科技,2001(4):232-233.

[7] 马兰.玉米生长发育与环境条件的关系探讨[J].现代农业科技,2016(6):203-204.

[8] 罗红兵.玉米的生殖生理与栽培管理(上)[J].湖南农业,2013(5):37.