

夏玉米灌浆与温度、籽粒含水率关系的初步探讨

孙月轩 姜先梅 张作木 单玉清

(江苏省赣榆县农业技术推广中心, 赣榆 222100)

鲍继友 孙顶太

(江苏省连云港市农业技术推广中心, 222001)

摘要 本试验以三个紧凑型玉米品种为材料, 通过分期播种对夏玉米灌浆与温度、籽粒含水率的关系进行了初步研究。结果表明, 夏玉米达到安全成熟, 其灌浆期需活动积温 $\geq 1100 \sim 1150^{\circ}\text{C}$, 有效积温 $\geq 500 \sim 550^{\circ}\text{C}$ 。灌浆在候平均温度 $11.7 \sim 11.9^{\circ}\text{C}$ 的低温环境下仍能保持一定的强度, 千粒重日增量达 $1.6 \sim 4.4\text{g}$ 。灌浆高峰期的持续时间及灌浆强度在日平均温度($14.4 \sim 15.8^{\circ}\text{C}$)较低时, 都有所缩短和减弱。研究表明, 夏玉米灌浆速率与籽粒含水率的关系极为密切(相关极显著), 在含水率 $85\% \sim 30\%$ 的变化区间内, 每下降一个百分点, 掖单2号千粒重增加 $6.56 \pm 0.15\text{g}$, 掖单4号增加 $6.28 \pm 0.74\text{g}$, 掖单12增加 $5.80 \pm 0.63\text{g}$, 因含水率变化一个单位而引起千粒重变化的绝对量, 同一品种播期间相对稳定, 变异较小。同时表明, 玉米籽粒含水率下降最快的时期即为灌浆高峰期。

关键词 夏玉米 灌浆 温度 籽粒含水率 播种期

灌浆是玉米一生最终决定产量的一个重要时期。温度对夏玉米的影响主要表现在生育后期, 特别是灌浆成熟期^[1]。多年来的资料指出, 在日平均气温达 16°C 以下, 玉米灌浆速度明显下降, 在 14°C 以下时, 几乎灌浆停止^[1, 2, 3, 4, 8]。对于灌浆高峰期的描述多以吐丝授粉后的天数和粒重日增量为指标^[4, 5, 6]。鉴于前人研究成果, 通过分期播种的方法, 试对夏玉米灌浆与温度及籽粒含水率之间的关系作进一步探讨, 并为生产上确定夏玉米安全播期的下限提供依据。

1 材料与方法

试验设在沙河子园艺场试验地, 沙壤土, 地势平坦, 灌排方便。供试品种为紧凑型玉米掖单2号、掖单4号和掖单12三个品种。每个品种均分五期播种, 即I(6月6日)、II(6月16日)、III(6月26日)、IV(7月6日)、V

(7月16日)。取样选择生长健壮一致的植株, 自吐丝后 $10 \sim 15$ 天开始第一次取样, 以后每 $5 \sim 10$ 天取一次直至收获。每品种、每播期、每次取果穗(3个)中部籽粒, 测定其粒鲜重、烘干重(80°C 烘至衡重)和籽粒含水率, 县气象站提供温度资料。种植密度均为 7.27 万株/公顷($55\text{cm} \times 25\text{cm}$), 施肥等其它管理相同。

2 结果与分析

2.1 积温与粒重的关系

玉米品种一生中每个生育阶段都需要一定积温, 其数量非常稳定^[3]。测定结果(表1)表明, 夏玉米达到正常成熟, 其灌浆期掖单4号需活动积温 $\geq 1100^{\circ}\text{C}$, 有效积温 $\geq 500^{\circ}\text{C}$; 掖单2号和掖单12需活动积温 $\geq 1150^{\circ}\text{C}$, 有效积温 $\geq 550^{\circ}\text{C}$, 否则晚播玉米(如播期V), 因积温不足, 不能安全成熟, 粒重明显降低。

同时表明,夏玉米在安全成熟的播期(I~N)范围内,同一品种的粒重基本稳定,变异较小,掖单2号千粒重 $364.8\pm4.3\text{g}$ (I~N),掖单4号 $346.0\pm4.9\text{g}$ (I~N),掖单12号 $312.0\pm11.3\text{g}$ (I~N)。

表1 温度与粒重、灌浆持续期的关系

项 目 播 种		灌浆持续期 (天)	灌浆期日 平均温度(℃)	活动积温 (℃)	有效积温 (℃)	千粒重 (g)
掖单 2号	I	49	24.15	1183.5	693.5	366.7
	II	57	22.44	1278.8	708.8	367.8
	III	64	20.33	1301.3	661.3	359.9
	IV	63	18.44	1161.8	531.8	316.4
	V	60	16.95	1017.0	417.0	259.4
掖单 4号	I	45	24.66	1109.9	659.9	349.0
	II	53	22.88	1212.9	682.9	350.9
	III	57	21.51	1225.9	655.9	340.1
	IV	60	18.37	1102.1	502.1	344.0
	V	61	17.07	1041.5	431.5	238.5
掖单 12号	I	57	23.16	1320.3	750.3	313.3
	II	61	21.74	1326.0	716.0	296.0
	III	59	20.86	1230.5	640.5	322.4
	IV	63	18.44	1161.8	531.8	316.4
	V	54	17.28	932.9	392.9	201.4

2.2 籽粒灌浆与温度的关系

2.2.1 灌浆持续期与温度的关系

玉米灌浆的持续时间,均随播期的推迟和灌浆期日平均温度的下降而延长。以掖单4号为例,灌浆期日平均温度在 $24.66\sim17.07^{\circ}\text{C}$ 的变化区间内,灌浆天数(y)依日平

均温度(x)变化的线性方程为: $\hat{y}=95.39-1.92x$, $r=-0.9304^*$ ($R_{0.05}=0.878$),即灌浆期日平均温度每升高或降低 1°C ,掖单4号灌浆持续时间则相应的缩短或延长2天,其相关性达显著水平。

表2 籽粒灌浆与温度、籽粒含水率的关系 掖单2号

取样日期 (月/日)	I		II		III		IV		V		时段 (月/日~月/日)	平均温度 ($^{\circ}\text{C}$)
	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)		
8/10	19.53	86.4									8/1~8/10	26.8
20	96.82	68.2	22.81	87.1							11~20	23.8
30	206.88	55.3	116.88	66.7	37.92	82.6					21~30	25.1
9/9	321.0	42.2	264.6	47.3	166.5	63.5	48.1	81.6			8/31~9/9	24.6
14	346.9	33.0									9/10~14	21.4
19	366.7	32.3	298.7	43.3	259.3	49.6	147.1	67.5	7.8	90.0	15~19	20.1
29			349.3	37.6	298.7	42.9	214.6	59.4	75.4	76.9	20~29	19.3
10/4			367.8	33.4							9/30~10/4	18.2
9					347.2	35.4	261.3	50.8	116.9	68.9	10/5~9	14.6
14					354.9	34.5	289.1	47.4	187.4	60.5	10~14	14.6
19					359.9	33.7	292.9	45.7	191.4	55.6	15~19	14.2
24							294.4	43.3	223.2	54.6	20~24	13.7
29							316.4	42.0	242.2	52.5	25~29	11.9
11/3									259.4	51.1	10/30~11/3	11.7

表 3 籽粒灌浆与温度、籽粒含水率的关系

掖单 4 号

取样 日期 (月/日)	I		II		III		IV		V		时段 (月/日~月/日)	平均温度 (℃)
	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)		
8/10	19.07	85.7									8/1~8/10	26.8
20	115.42	61.2	39.93	79.1							11~20	23.8
30	223.75	45.4	136.88	59.1	51.19	74.8					21~30	25.1
9/9	297.9	33.8	257.2	43.7	180.6	52.5	59.0	74.8			8/31~9/9	24.6
14	349.0	27.9									9/10~14	21.4
19			330.3	31.7	272.9	42.6	154.3	57.8	18.3	85.0	15~19	20.1
29			350.9	29.4	302.6	33.4	215.4	50.7	99.2	66.8	20~29	19.3
10/9					340.1	31.3	294.0	42.7	113.8	65.5	9/30~10/9	16.4
14							305.1	38.2	172.2	54.9	10/10~14	14.6
19							340.7	36.8	216.4	48.2	15~19	14.2
24							344.0	34.8	219.4	46.8	20~24	13.7
29									230.5	45.5	25~29	11.9
11/3									238.5	43.3	10/30~11/3	11.7

表 4 籽粒灌浆与温度、籽粒含水率的关系

掖单 12

取样 日期 (月/日)	I		II		III		IV		V		时段 (月/日~月/日)	平均温度 (℃)
	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)	千粒重 (g)	含水率 (%)		
8/10	8.96	89.5									8/1~8/10	26.8
20	74.1	69.9	9.54	89.7							11~20	23.8
30	200.32	52.5	66.25	72.7	23.57	86.6					21~30	25.1
9/9	264.3	47.8	206.0	51.1	119.5	65.2	43.6	81.3			8/31~9/9	24.6
14	268.7	40.6									9/10~14	21.4
19	294.0	36.2	267.2	43.3	192.9	51.8	109.3	67.7	10.6	89.0	15~19	20.1
24	295.3	35.8									20~24	21.3
29	313.3	30.0	273.0	39.3	258.3	46.0	209.2	56.4	40.6	80.1	25~29	17.4
10/4			282.6	38.5							9/30~10/4	18.2
9			296.0	35.4	294.7	38.1	242.1	47.9	110.5	63.7	10/5~9	14.6
14					322.4	36.5	245.3	47.7	152.2	58.5	10~14	14.6
19							276.1	45.5	160.0	58.0	15~19	14.2
24							296.6	44.6	180.5	55.6	20~24	13.7
29							316.4	41.9	201.4	52.1	25~29	11.9

2.2.2 灌浆速率与温度的关系

测定结果(表 2、3、4)表明,夏玉米籽粒灌浆对温度要求的范围比较宽,即在时段(侯或旬)平均温度 11.7~26.8℃ 的温度区域内,都能正常灌浆。试验指出,在候平均温度 11.9~11.7℃ 的低温环境下,仍能保持一定的灌浆强度,千粒重日增量掖单 2 号为 4.4~3.4g,掖单 4 号为 2.2~1.6g,掖单 12 为

4.0~4.2g。同时看出(表 5),灌浆高峰期的日平均温度在 20℃ 以上时(播期 I~IV),一般于吐丝后的 15~20 天开始进入灌浆高峰。且同一品种,播期间灌浆速率变异较小,灌浆高峰期的千粒重日增量,掖单 2 号为 10.7±1.6g,掖单 4 号为 10.4±0.7g,掖单 12 为 9.1±0.8g。并高峰期的持续时间也基本稳定,一般 20 天左右,即持续到吐丝后的 35~

40 天。而晚播玉米(V),由于灌浆高峰期处于温度偏低(日平均 15.8~14.4℃)的情况下,不但灌浆高峰期的出现推迟 10 天以上,即在吐丝后的 25~30 天开始进入灌浆高峰,而且灌浆强度和高峰期持续的时间都有所下降和缩短。

2.3 籽粒灌浆与含水率的关系

研究结果(表 6)表明,夏玉米籽粒灌浆与含水率关系极为密切,其相关性达极显著水平。正常生长的健壮植株,随着籽粒的灌浆充实,其含水率下降,籽粒含水率在 85%~

30%的变化区间内,含水率每下降一个百分点,掖单 2 号千粒重增加 $6.56 \pm 0.15\text{g}$,掖单 4 号增加 $6.28 \pm 0.74\text{g}$,掖单 12 号增加 $5.80 \pm 0.63\text{g}$,含水率每变化一个单位而引起千粒重变化的绝对量,同一品种播期间基本稳定,变异较小。同时指出,夏玉米籽粒含水率下降最快的时期即为灌浆高峰期,具有一定的普遍性。籽粒含水率小于 30%~32%时,乳线消失,籽粒灌浆基本停止,与前人研究结果^(6,7)相一致。

表 5 玉米灌浆高峰与温度的关系

品 种	播 期		I	II	III	IV	V
	目 的						
掖单 2 号	吐丝期(月/日)		8/1	8/8	8/16	8/27	9/4
	灌浆高峰期	起讫时间(吐丝后天数)	20~40	13~33	15~35	19~39	26~41
		持续时间(天)	20	20	20	20	15
		千粒重日增量(g)	11.2	12.1	11.1	8.3	7.5
		日平均温度(℃)	24.9	24.9	22.7	20.1	15.8
掖单 4 号	吐丝期(月/日)		7/31	8/7	8/13	8/25	9/3
	灌浆高峰期	起讫时间(吐丝后天数)	11~31	14~34	18~38	16~26	37~47
		持续时间(天)	20	20	20	10	10
		千粒重日增量(g)	10.2	10.9	11.1	9.5	10.3
		日平均温度(℃)	24.5	24.9	22.7	20.8	14.4
掖单 12 号	吐丝期(月/日)		8/3	8/9	8/16	8/27	9/5
	灌浆高峰期	起讫时间(吐丝后天数)	18~38	22~42	15~35	14~34	25~40
		持续时间(天)	20	20	20	20	15
		千粒重日增量(g)	9.5	10.0	8.5	8.3	7.4
		日平均温度(℃)	24.9	22.7	22.7	20.1	15.8

2.4 夏玉米安全播期下限的确定

根据本地气候特点,玉米一生对积温的要求,轮作换茬制度与收获目标等确定夏玉米安全播期的下限。

2.4.1 以安全成熟,收获籽粒为目标确定播期下限

2.4.1.1 根据夏玉米灌浆近乎停滞的下限温度确定。目前尚未见到关于夏玉米停止灌浆的下限临界温度的研究报道。本试验表明,

夏玉米在候平均温度 11.9~11.7℃的低温环境下仍能保持一定的灌浆强度,但籽粒日增量低。为确保安全成熟,本文以候平均温度 12℃作为夏玉米灌浆近乎停滞的下限温度来推导播期下限。本地常年候平均温度稳定通过 12℃的终日在 10 月 31 日,以此作为最迟收获期,根据夏玉米安全成熟全生育期需活动积温 2400~2500℃(吐丝前需 1300~1350℃,吐丝后需 1100~1150℃以上)以上,其安全播期的下限为 7 月 8~12 日。

表6 玉米千粒重(g)(y)依籽粒含水率(%) (x)变化的关系

品种	项目	样本数 n	籽粒含水率(%) 变化区间	线性模型参数		相关系数 r	临界值 R _{0.01}
				a	b		
掖单2号	I	6	86.4~32.3	577.7	6.64	-0.9915**	0.917
	II	6	87.1~33.4	587.6	6.67	-0.9939**	0.917
	III	7	82.6~33.7	581.0	6.55	-0.9999**	0.874
	IV	8	81.6~42.0	596.8	6.65	-0.9961**	0.834
	V	8	90.0~51.1	565.6	6.31	-0.9888**	0.834
	$\bar{X} \pm S$	—	—	—	6.56±0.15	—	—
掖单4号	I	5	85.7~27.9	491.5	5.72	-0.9906**	0.959
	II	5	79.1~29.4	531.9	6.36	-0.9962**	0.959
	III	5	74.8~31.3	534.4	6.50	-0.9934**	0.959
	IV	7	74.8~34.8	598.3	7.37	-0.9928**	0.874
	V	8	85.0~43.3	475.1	5.47	-0.9973**	0.834
	$\bar{X} \pm S$	—	—	—	6.28±0.74	—	—
掖单12号	I	8	89.5~30.0	493.7	5.55	-0.9853**	0.834
	II	7	89.7~35.4	495.0	5.58	-0.9939**	0.874
	III	6	86.6~36.5	521.8	5.92	-0.9897**	0.917
	IV	8	81.3~41.9	586.2	6.82	-0.9885**	0.834
	V	7	89.0~52.1	458.3	5.15	-0.9878**	0.874
	$\bar{X} \pm S$	—	—	—	5.80±0.63	—	—

2.4.1.2 以小麦的最佳播种期,作为夏玉米腾茬适期来确定。赣榆县小麦最佳播种期在10月1~5日,故以10月1日作为腾茬适期,按此推算夏玉米安全播期下限为6月20~24日。

2.4.2 以鲜食果穗为收获目标,确定播期下限

以鲜果穗(用于煮食或加工)为收获物,一般应在籽粒顶部尚未硬化,乳线形成之前的乳熟期进行采摘,其籽粒含水率在60%~55%,粒重相当于最后粒重的50%~60%。灌浆期(从吐丝至果穗采收)需活动积温650~700℃,约为正常灌浆成熟阶段的60%左右;全生育期需活动积温1950~2050℃,以10月31日作为最迟采收期,其播期下限为7月25~29日。生产上为确保小麦在最佳播期下种,鲜果穗采收应在10月1日前结束,其播期下限为7月8~10日。

3 小结与讨论

通过对三个紧凑型玉米品种分期播种,系统观察测定表明,夏玉米安全成熟其灌浆期掖单4号需活动积温≥1100℃,有效积温≥500℃;掖单2号和掖单12需活动积温≥

1150℃,有效积温≥550℃,且在安全成熟的播期范围内,同一品种的粒重基本稳定。夏玉米籽粒灌浆对温度要求的范围比较宽,在候平均温度11.9~11.7℃的低温环境下仍能保持一定的灌浆强度,千粒重日增量1.6~4.4g。并初步认为在日平均温度(14.4~15.8℃)较低时,灌浆高峰期的持续时间和灌浆强度都有所缩短和减弱。研究指出,夏玉米灌浆速率与籽粒含水率的关系极为密切(相关极显著),在含水率85%~30%的变化区间内,每下降一个百分点,掖单2号千粒重增加6.56±0.15g,掖单4号增加6.28±0.74g,掖单13增加5.80±0.63g。含水率每变化一个单位,而引起千粒重变化的绝对量,同一品种播期间基本稳定,变异较小。同时指出,籽粒含水率下降最快的时期即为灌浆高峰期。

参 考 文 献

[1] 陶金印等,《作物栽培学》(北方本),农业出版社,1979, 214—215
[2] 余松烈等,《作物栽培学》(北方本),农业出版社,1980, 178。
[3] 李明刚,玉米安全计划栽培电脑专家系(下转第80页)

(上接第 58 页)

统的研究,《第三届全国玉米栽培学术讨论会论文详细摘要汇编》,1988,68—69

- [4]王树安等,小麦、夏玉米两茬平播亩产吨粮的理论与技术体系的研究,《北方吨粮田建设的理论与实践》,1991,26—33

- [5]赵可夫,《玉米生理》,山东科学技术出版社,1982,364—365

- [6]高荣歧等,高产夏玉米籽粒形态建成和营养物质积累与粒重的关系,《第四届全国玉米栽培学术讨论会交流材料》,1992,1—8

- [7]任和平等,夏玉米最适收获期研究,《黄淮海玉米科技开发文集》,1989,173—180

- [8]佟屏亚,紧凑型玉米高产理论与技术,《农业科技通讯》1992,(1):9—10