

史 磊, 王国宏, 王延波, 等. 玉米杂交种及其亲本灌浆速率初步研究[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(7): 84–87.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.07.021

玉米杂交种及其亲本灌浆速率初步研究

史 磊, 王国宏, 王延波, 王大为, 赵海岩
(辽宁省农业科学院玉米研究所, 辽宁沈阳 110161)

摘要:以辽宁省推广面积较大的 6 个杂交种及其 12 个亲本自交系为供试材料, 采用随机区组设计, 系统分析玉米籽粒干质量和灌浆速率变化规律以及灌浆速率同主要性状的相关性。结果表明, 杂交种(自交系)的籽粒干质量在灌浆过程中呈“S”形曲线上升趋势, 即慢-快-慢的上升趋势; 杂交种(自交系)的籽粒灌浆速率呈单峰曲线变化趋势, 峰值出现在授粉后 24 d 前后。无论是籽粒干质量还是灌浆速率, 杂交种都整体略大于自交系, 这可能是一定杂种优势的表现。杂交种灌浆速率在不同灌浆时期、品种间和密度间差异均达到显著水平; 平均灌浆速率与单穗产量、穗行数、行粒数、穗粗、百粒质量等正相关。

关键词:玉米; 杂交种; 自交系; 灌浆速率

中图分类号: S513.07 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)07-0084-03

灌浆是指将光合作用产生的脂肪、蛋白质和淀粉等转化到籽粒里的一个过程。灌浆速率测定是指在籽粒形成至成熟过程中, 单位间隔时间内干物质增加质量的测定。灌浆是玉米生长发育过程中极为关键的生育进程, 玉米的粒质量和经济产量取决于灌浆强度与灌浆速率^[1]。不同类型玉米籽粒灌浆特性不同, 中熟品种灌浆开始快, 有效灌浆时间和灌浆快速期短; 中晚、晚熟和极晚熟品种灌浆启动慢, 有效灌浆时间和灌浆活跃期长^[2]。影响灌浆的因素包括温度、光照、养分和水分等, 其中温度、光照为不可变因素, 养分、水分为可变因素。日均温度与籽粒灌浆速率和脱水速率显著正相关, 可选择生产上对温度不敏感, 脱水后期快的品种进行利用, 以降低低温对玉米灌浆速率和产量的作用^[3]。控制种植密度是提高玉米产量的一项重要措施, 对各品种授粉后 40~45 d, 45~50 d 灌浆速率影响较大, 说明不同品种灌浆速率对栽培密度

的敏感性不尽相同^[4]。目前, 学者们对玉米灌浆速率受环境和其他性状的影响研究较多^[5-8], 针对灌浆过程中的不同时期、不同种质基础的玉米灌浆速率研究却并不多见。本试验选取 6 个玉米杂交种及其 12 个亲本自交系作为试验材料, 分析不同年份、多个密度下、不同灌浆时期玉米籽粒的干质量和灌浆速率变化规律以及灌浆速率与产量性状的相关性, 以期为育种者选育高品质杂交种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

选取 6 个种质基础不同、种植范围广、种植面积大、不同时期审定的杂交种和它们的 12 个父母本作为试验材料, 具体试材情况见表 1。

表 1 供试杂交种及亲本自交系

杂交种	亲本自交系	杂交模式	审定年份
郑单 958	郑 58 × 昌 7-2	瑞德 × 塘四平头	2000
丹玉 39	C8605-2 × 丹 598	瑞德 × 旅大红骨	2001
辽单 565	中 106 × 辽 3162	热带血缘 × (瑞德 × 兰卡)	2004
先玉 335	PH6WC × PH4CV	瑞德 × 兰卡斯特	2006
农华 101	NH60 × S121	(瑞德 × 兰卡) × (旅大红骨 × 黄改)	2008
迪卡 516	D1798Z × B1189Z	瑞德 × 兰卡斯特	2012

1.2 方法

2014 年年底在海南繁殖收集到的自交系并制取试验所需杂交种, 2015 年 5 月和 2016 年 5 月将在海南制得的自交系和杂交种在沈阳沈北试验基地进行播种。杂交种种植密度为

4.5 万、6.0 万、7.5 万、9.0 万株/hm², 8 行区, 行长 8 m, 株距分别为 37.0、27.8、22.2、18.5 cm, 行距 60 cm, 设 3 次重复; 自交系种植密度 7.5 万株/hm², 株距 22.2 cm, 行距 60.0 cm。在雌穗吐丝前几天, 用白色授粉羊皮袋子将雌穗盖严, 套袋数量为每个材料取样穗数的 1.5 倍左右, 等到该材料所有套袋雌穗吐丝 3 cm 时, 统一摘袋进行人工授粉, 同时用黑色记号笔在果穗上记上标记, 并在记录本上分别记录各材料的授粉日期, 作为以后调查的起点。灌浆速率的测定参照丁佳琦的方法^[9], 并根据实际情况略作更改, 主要改动为果穗的取样间隔由 5 d 改为 7 d, 原因是每周固定 1 天取样, 不容易遗忘; 由每穗取中间 100 粒改为 200 粒, 以增加样本数量, 减小误

收稿日期: 2017-12-27
基金项目: 辽宁省百千万人才工程项目(编号: 2014921029)。
作者简介: 史 磊(1982—), 男, 辽宁锦州人, 硕士, 助理研究员, 主要从事玉米耕作与栽培研究。E-mail: williamwindsor19@163.com。
通信作者: 王延波, 博士, 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究, E-mail: lnwangyanbo@163.com; 王国宏, 硕士, 研究员, 主要从事玉米遗传育种研究, E-mail: wangghwanglh@163.com。

差;由装入牛皮纸烘干改为装入小网袋烘干,这样做的好处是干得更快,不易糊粒。

1.3 统计分析方法

本试验用多款软件对 2015 年和 2016 年调查数据进行分析。其中 Excel 2013 用于计算数据平均值和绘制简单的数据图或表;DPS 7.05 统计软件用于获取数据的变异系数以及进行方差分析和相关性分析等;CurveExpert 1.38 用于模拟籽粒生长曲线、拟合回归方程,计算瞬时灌浆速率等。

2 结果与分析

2.1 玉米不同杂交种和自交系籽粒灌浆速率差异分析

2.1.1 杂交种籽粒灌浆速率差异分析 采用 2015 年和 2016 年数据对各个供试杂交种平均籽粒灌浆速率进行方差分析,结果(表 2)表明,年际间平均籽粒灌浆速率之间差异未达到显著水平;品种间、密度间、年际与品种互作、年际与密度互作差异均达到了显著水平。对 6 个品种 5 个时期灌浆速率及平均灌浆速率进行多重比较,结果(表 3)表明,不同品种授粉后 10~17、17~24、24~31、31~38、38~45 d 期间,籽粒灌浆速率变异范围分别在 0.77~1.07、0.89~1.39、0.70~1.03、

0.53~0.92、0.48~0.85 g/d 之间,对应籽粒灌浆速率最快的品种分别为辽单 565、先玉 335、郑单 958、辽单 565、丹玉 39,且有些品种之间灌浆速率差异达到显著水平。各品种授粉后 10~45 d 平均灌浆速率以先玉 335 最快,郑单 958 最慢,且品种间差异达到了显著水平。杂交种的不同种植密度处理之间,灌浆速率差异达到极显著水平,由表 4 可以看出,随着种植密度的升高,杂交种的灌浆速率逐渐降低,其中 4.5 万、6.0 万株/hm² 处理的灌浆速率极显著高于 7.5 万、9.0 万株/hm² 处理。

表 2 杂交种灌浆速率方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组	0.022 1	2	0.011 0	2.37	0.099 2
年际间	0.007 7	1	0.007 7	1.64	0.202 9
品种间	0.437 5	5	0.087 5	18.79	0.000 1
密度间	0.405	3	0.135 0	28.99	0.000 1
年际×品种	0.148 4	5	0.029 7	6.37	0.000 1
年际×密度	0.064 9	3	0.021 6	4.64	0.004 5
品种×密度	0.125 8	15	0.008 4	1.80	0.045 7
年际×品种×密度	0.077 8	15	0.005 2	1.11	0.355 4
误差	0.437 7	94	0.004 7		
总和	1.726 8	143			

表 3 6 个杂交种灌浆速率多重比较

品种	授粉后 10~17 d	授粉后 17~24 d	授粉后 24~31 d	授粉后 31~38 d	授粉后 38~45 d	平均灌浆速率 g/d
郑单 958	0.84c	0.97b	1.03a	0.53c	0.48c	0.77c
农华 101	0.98ab	0.98b	0.93ab	0.70b	0.75ab	0.87b
先玉 335	1.02a	1.39a	0.70c	0.68b	0.84a	0.93a
迪卡 516	0.86bc	0.89c	0.78bc	0.69b	0.69b	0.78c
辽单 565	1.07a	1.04b	0.94ab	0.92a	0.66b	0.88b
丹玉 39	0.77c	1.16ab	0.83b	0.71b	0.85a	0.86b

注:同列数据后不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著。表 6 同。

表 4 杂交种 4 个种植密度平均灌浆速率的多重比较

处理 (万株/hm ²)	均值 (g/d)
4.5	0.914 7aA
6.0	0.884 4aA
7.5	0.806 7bB
9.0	0.786 7bB

注:同列数据后不同大、小写字母表示在 1%、5% 水平上显著。

2.1.2 自交系籽粒灌浆速率差异分析 采用 2015 年和 2016 年数据对各个供试自交系平均籽粒灌浆速率进行方差分析,结果(表 5)表明,年际间平均籽粒灌浆速率之间差异未达到显著水平;品种间、年际与品种互作差异均达显著水平。对 12 个自交系 5 个时期灌浆速率及平均灌浆速率进行多重比较,结果(表 6)表明,不同品种授粉后 10~17、17~24、24~31、31~38、38~45 d 期间,籽粒灌浆速率变异范围分别在 0.20~1.17、0.39~1.18、0.54~1.40、0.36~1.12、0.06~0.74 g/d 之间,不同时期对应籽粒灌浆速率最快的自交系分别为中 106、丹 598、中 106、辽 3162、S121,且有些品种之间灌浆速率差异达到显著水平。各品种授粉后 10~45 d 平均灌浆速率以中 106 最快,昌 7-2 最慢,且品种间差异达显著水平。

2.2 玉米籽粒灌浆速率与单穗产量等性状相关分析

为方便叙述将授粉后 10~17 d、授粉后 17~24 d、授粉后 24~31 d、授粉后 31~38 d 和授粉后 38~45 d 分别用灌浆 1

表 5 自交系灌浆速率方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
区组间	0.000 9	2	0.000 4	1.582 2	0.216 5
年际间	0.002 2	1	0.002 2	1.307 1	0.277 2
品种间	0.092 7	11	0.008 4	5.052 9	0.006 1
年际×品种	0.018 3	11	0.001 7	6.053 8	0.000 1
误差	0.012 7	46	0.000 3		
总变异	0.126 7	71			

期、灌浆 2 期、灌浆 3 期、灌浆 4 期和灌浆 5 期代替。由表 7 可知,5 个阶段的灌浆速率与穗长均正相关,其中灌浆 3、4 期的灌浆速率与穗长达到极显著正相关水平;穗粗与各时期灌浆速率的相关系数有正有负,并且只与灌浆 3 期的灌浆速率呈负相关关系,与其他时期均呈正相关关系,其中与灌浆 5 期灌浆速率相关性达显著水平;秃顶长与各时期灌浆速率均负相关,其中与灌浆 2 期灌浆速率呈极显著负相关关系;穗行数与各时期灌浆速率相关系数有正有负,其中与灌浆 3、4 期灌浆速率为负相关,与其余时期为显著正相关;行粒数与各时期灌浆速率均正相关,其中与灌浆 3、4 期灌浆速率相关系数达到极显著水平;百粒质量与各时期灌浆速率相关系数有正有负,其中与灌浆 3、4 期灌浆速率为负相关,与其余时期为正相关;出籽率与各时期灌浆速率相关系数有正有负,其中与灌浆 3、4、5 期灌浆速率为负相关,而与灌浆 1 期灌浆速率的相关性达到正向极显著水平;单穗产量与 5 个时期的灌浆速率均

表 6 12 个自交系灌浆速率多重比较

品种	授粉后 10 ~ 17 d	授粉后 17 ~ 24 d	授粉后 24 ~ 31 d	授粉后 31 ~ 38 d	授粉后 38 ~ 45 d	平均灌浆速率 g/d
中 106	1.17a	0.39e	1.40a	0.79bc	0.59abc	0.90a
辽 3162	0.76b	1.02abcd	0.59cde	1.12a	0.39de	0.71bc
PH6WC	0.73b	1.00abcd	0.89bc	0.40de	0.42cde	0.79b
PH4CV	0.78b	0.95bcd	0.91b	0.84ab	0.06g	0.62de
郑 58	0.44d	1.10ab	0.80bcde	0.71bcd	0.69ab	0.74bc
昌 7 - 2	0.24e	1.10abc	0.54e	0.40de	0.11fg	0.49f
D1798Z	0.57cd	0.86d	0.78bcde	0.36e	0.52bcd	0.71bc
B1189Z	0.77b	0.85d	0.72bcde	0.93ab	0.27ef	0.70cd
NH60	0.70bc	0.87d	0.69bcde	0.89ab	0.40de	0.62de
S121	0.65bc	0.95bcd	0.58de	0.78bc	0.74a	0.76bc
C8605 - 2	0.48d	0.89cd	0.94b	0.50cde	0.63ab	0.69cd
丹 598	0.20e	1.18a	0.88bcd	0.52cde	0.44cde	0.57ef

表 7 灌浆速率与单穗产量等性状相关分析

相关性状	灌浆 1 期速率	灌浆 2 期速率	灌浆 3 期速率	灌浆 4 期速率	灌浆 5 期速率	平均灌浆速率
穗长	0.23	0.04	0.43 **	0.41 **	0.10	0.16
穗粗	0.05	0.18	-0.15	0.06	0.33 *	0.38 **
秃顶长	-0.27 *	-0.35 **	-0.22	-0.01	-0.03	-0.30 *
穗行数	0.30 *	0.27 *	-0.03	-0.13	0.30 *	0.57 **
行粒数	0.23	0.03	0.48 **	0.41 **	0.05	0.13
百粒质量	0.14	0.15	-0.06	-0.05	0.10	0.33 *
出籽率	0.53 **	0.22	-0.02	-0.12	-0.19	0.25
单穗产量	0.44 **	0.46 **	0.38 **	0.32 *	0.14	0.47 **

注：*、** 分别表示在 5%、1% 水平上显著。

为正相关,相关系数为灌浆 2 期 > 灌浆 1 期 > 灌浆 3 期 > 灌浆 4 期 > 灌浆 5 期,且只有灌浆 5 期灌浆速率与单穗产量的相关性未达到显著水平;总体上来看,平均灌浆速率除了与秃顶长显著负相关外,与其他性状均正相关,其中与穗粗、穗行数和单穗产量极显著正相关,与百粒质量显著正相关。

2.3 玉米杂交种与自交系籽粒干质量和灌浆速率变化趋势比较分析

由图 1 可知,授粉后 10 ~ 31 d 玉米杂交种和自交系百粒干质量迅速升高,授粉 31 d 后百粒干质量增速逐渐放缓;纵观整个灌浆期,授粉后 10 ~ 17 d,杂交种与自交系百粒干质量十分接近,之后差距拉大,到授粉后 45 d,干质量差达到最大值,为 4.9 g,之后差距略有缩小。由图 2 可知,玉米杂交种和自交系籽粒灌浆速率在整个灌浆期呈抛物线变化趋势,峰值出现在授粉后 24 d;灌浆前期,杂交种灌浆速率大于自交系,授粉 38 d 以后,二者大小趋于一致。

3 结论与讨论

杂交种(自交系)的籽粒干质量在灌浆过程中呈“S”形曲线上上升趋势,即慢 - 快 - 慢的上升趋势;杂交种(自交系)的籽粒灌浆速率呈单峰曲线变化趋势,峰值出现在授粉后 24 d 前后。而有学者认为,在授粉后 30 d 左右灌浆速率达最大值^[10],灌浆速率峰值出现时间的不同,可能是由试材、试验地点和人为因素的差异导致的。无论是籽粒干质量还是灌浆速率,杂交种都整体略大于自交系,这可能是一定杂种优势的表现。

在杂交种方面,本试验结果表明,不同品种间和不同密度间籽粒灌浆速率差异极显著,不同年际间差异表现不显著,而

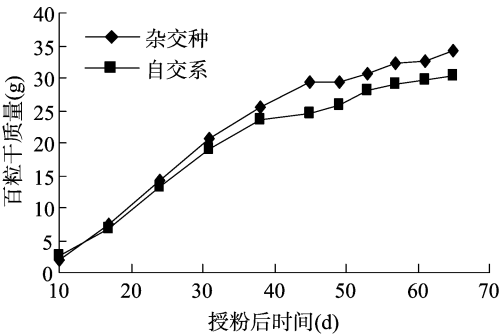


图 1 杂交种和自交系百粒干质量比较

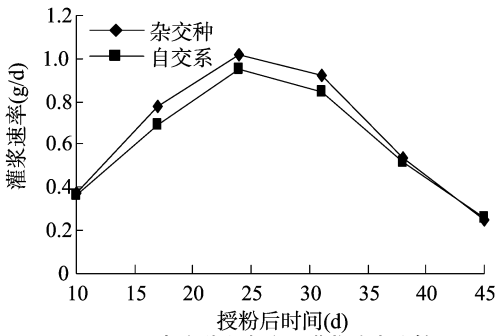


图 2 杂交种和自交系灌浆速率比较

前人有研究表明,灌浆速率在不同密度间差异不显著^[9]。这可能与试验的密度设置有关,本试验增加了密度梯度,扩大了相邻梯度差距,种植密度通过影响单株营养获取、积累和运输,可能使灌浆速率表现出了差异。不同杂交种、不同灌浆阶

孙志贵,陈庆华,刘俊健,等. 氮肥施用量对江汉平原机插水稻分蘖成穗及产量的影响[J]. 江苏农业科学,2019,47(7):87-91.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.07.022

氮肥施用量对江汉平原机插水稻分蘖成穗及产量的影响

孙志贵, 陈庆华, 刘俊健, 卢碧林

(主要粮食作物产业化湖北省协同创新中心/长江大学农学院,湖北荆州 434025)

摘要:为研究不同氮肥施用量对机插水稻分蘖特性及产量的影响,以黄华占、全两优 681 和 C 两优华占为供试材料,以不施加氮肥为对照,设置 135、180、225 kg/hm² 3 个氮肥水平,研究机插水稻分蘖成穗特征及对产量的影响。结果表明,机插水稻分蘖叶位较高,一次分蘖发生叶位为 3/0~9/0,其中 4/0~8/0 叶位是成穗的优势叶位,二次分蘖以 4/1、5/1 和 6/1 叶位为优势叶位。主要生育期内机插水稻的干物质积累量均表现 N₂₂₅ > N₁₈₀ > N₁₃₅ > N₀;分蘖期至拔节期、拔节期至齐穗期,净干物质积累量随肥力的增加而增加,齐穗期至成熟期品种间存在差异。光能透过率在分蘖时期最大,到拔节期减小,齐穗期最小,成熟期增大。产量以施氮量 180 kg/hm² 处理最高,与其他处理差异达显著水平。生产上应结合品种特性,合理施肥争取分蘖早生快发,利用机插水稻主茎和一次分蘖成穗,提高群体质量和产量。

关键词:江汉平原;机插水稻;氮肥;分蘖;产量

中图分类号: S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)07-0087-05

由于社会经济的发展和劳动力用工成本的增加,机插水稻已成为我国水稻生产的主要方式之一^[1]。机插育秧方式的改变使得水稻秧苗素质、分蘖发生特点和对肥水的需求发

生重大改变^[2]。研究表明,相对于传统的人工移栽秧苗,机插秧移栽叶龄小,无分蘖,茎基部不粗,根系活力较弱,秧苗综合素质较差,加上栽插时机械对秧苗的损伤,插秧时田间水层较薄或无水层,移栽植伤较重,活棵慢,缓苗期长,但分蘖起步后,发苗快^[3-6];机插水稻够苗期和分蘖高峰期提前,高峰苗数偏高,成穗率偏低^[7];机插水稻低位分蘖少^[8],有效分蘖集中,水稻不同叶位分蘖发生及成穗情况差异性很大^[9],一般中部叶位发生的分蘖位 4/0~7/0 为优势分蘖位,底部与上部叶位发生的分蘖次之^[10]。

氮素是影响水稻生长发育的一个重要因素,增施氮肥对

收稿日期:2018-06-11

基金项目:国家重点研发计划(编号:2017YFD030140404)。

作者简介:孙志贵(1992—),男,湖北鄂州人,硕士研究生,主要从事作物机械化栽培技术研究。E-mail:807440756@qq.com。

通信作者:卢碧林,博士,教授,主要从事作物机械化栽培技术研究。

Tel:(0716)8066541;E-mail:blin9921@sina.com。

段的灌浆速率差异达显著水平,平均灌浆速率表现为先玉 335 > 辽单 565 > 农华 101 > 丹玉 39 > 迪卡 516 > 郑单 958;灌浆速率随种植密度的升高而降低。

在自交系方面,不同自交系间籽粒灌浆速率差异极显著,年际间差异不显著;不同自交系、不同灌浆阶段的灌浆速率差异达显著水平,自交系平均灌浆速率的大小顺序为中 106 > PH6WC > S121 > 郑 58 > 辽 3162 = D1798Z > B1189Z > C8605-2 > PH4CV = NH60 > 丹 598 > 昌 7-2。

本试验结果表明,平均灌浆速率与单穗产量、穗行数、行粒数、穗粗、百粒质量等正相关,这与前人研究结果^[11]一致。进一步分析表明,授粉后 10~24 d 灌浆速率与穗行数和出籽率呈正相关关系,与秃顶长呈显著负相关关系;授粉后 24~38 d 灌浆速率与穗长和行粒数呈显著正相关关系;授粉后 38~45 d 灌浆速率与穗粗呈显著正相关关系;而单穗产量与授粉后 10~38 d 的灌浆速率显著正相关关系。

参考文献:

[1] 吴春胜. 超高产玉米灌浆速率与干物质积累特性研究[J]. 吉林农业大学学报,2008,30(4):382-385,400.

[2] 王晓慧,张磊,刘双利,等. 不同熟期春玉米品种的籽粒灌浆特性[J]. 中国农业科学,2014,47(18):3557-3565.

[3] 祝云芳,陈泽辉,霍可以,等. 夏播玉米组合的籽粒灌浆脱水特性[J]. 贵州农业科学,2013,41(6):45-48.

[4] 冯鹏,申晓慧,郑海燕,等. 种植密度对玉米籽粒灌浆及脱水特性的影响[J]. 中国农学通报,2014,30(6):92-100.

[5] 陈传永,王荣煊,赵久然,等. 不同生育时期遮光对玉米籽粒灌浆特性及产量的影响[J]. 作物学报,2014,40(9):1650-1657.

[6] 曹庆军,杨粉团,陈喜凤,等. 播期对吉林省中部春玉米生长发育、产量及品质的影响[J]. 玉米科学,2013,21(5):71-75.

[7] 李绍长,白萍,吕新,等. 不同生态区及播期对玉米籽粒灌浆的影响[J]. 作物学报,2003,29(5):775-778.

[8] 王永平. 灌溉和地膜覆盖对玉米籽粒灌浆的影响及其与激素的关系[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014:26-27.

[9] 丁佳琦. 我国不同年代玉米单交种及其亲本灌浆和脱水速率的研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012:9-10.

[10] 王忠孝,高学增,许金芳,等. 关于玉米籽粒败育的研究[J]. 中国农业科学,1986,19(6):36-40.

[11] 闫淑琴,苏俊,李春霞,等. 玉米籽粒灌浆、脱水速率的相关与通径分析[J]. 黑龙江农业科学,2007(4):1-4.