

DOI: 10.19462/j.cnki.zgzy.20240330003

玉米隆平 206 灌浆中后期杂交种活力变化研究

芦雪云¹ 王进^{2,4} 马银山² 孔东升^{3,4} 徐海青⁵ 余海⁵¹ 甘肃省古浪县大靖镇农业农村综合服务中心,古浪 733100; ² 河西学院农业与生态工程学院,甘肃张掖 734000;³ 河西学院乡村振兴研究院,甘肃张掖 734000; ⁴ 甘肃省高校河西走廊特色资源利用省级重点实验室,张掖 734000;⁵ 甘肃隆平高科种业有限公司,甘肃张掖 734000)

摘要:为确定玉米隆平 206 制种田果穗的适宜采收时期,从授粉后 37d 开始,每 3d 取样 1 次,直至完熟期,测定种子容重、比重、活力及抗逆性等指标。结果显示:随灌浆天数的增加,种子容重呈增加趋势,比重呈先增加后减小的趋势,并在 64d 后达到最大值;随灌浆天数的增加,种子浸出液电导率呈降低趋势,在 61d 后趋于稳定。因此在良好的自然和耕作条件下,为获得好的出苗率和出苗速度,建议隆平 206 制种田种子在授粉 58d 后收获,但为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,应尽可能晚收。隆平 206 种子适宜的玉米种植区比较广泛,在春季低温冷凉区播种的隆平 206 种子,为获得好的出苗率和出苗速度,建议在授粉 61d 后收获,为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,应在 67d 后收获;由于中后期收获的隆平 206 种子有较好的耐储性,因此对于一繁多年用的种子,应在授粉 55d 后收获,以保持种子较好的活力;隆平 206 种子的抗复合逆境能力较差,对于在逆境条件复杂的种植区,应在种子完全成熟后收获,通过增加播种量以保持种子较好的活力和幼苗生长量,或者直接选择耐低温冷浸品种播种,减少种植风险;隆平 206 品种较为适合黄淮海地区播种,其他地区收获期应根据当地生态条件来确定。

关键词:隆平 206;灌浆期;种子活力;种子发芽;采收时期

Study on the Vitality Changes of Hybrid Seed in Middle and Late Filling Stage of Maize Longping 206

LU Xueyun¹, WANG Jin^{2,4}, MA Yinshan², KONG Dongsheng^{3,4}, XU Haiqing⁵, YU Hai⁵

(¹Dajing Town Agricultural and Rural Comprehensive Service Center in Gulang County, Gulang 733100, Gansu; ²College of Agriculture and Ecological Engineering, Hexi University, Zhangye 734000, Gansu; ³Institute of Rural Revitalization Research, Hexi University, Zhangye 734000, Gansu; ⁴Key Laboratory of Hexi Corridor Resources Utilization of Gansu, Zhangye 734000, Gansu; ⁵Gansu Longping High-Tech Seed Industry Co., Ltd., Zhangye 734000, Gansu)

灌浆期是玉米种子发育过程中极为重要的阶段,该阶段玉米干物质的积累量对玉米产量影响较大,灌浆时间的长短和灌浆速率决定了玉米的干物质积累量,同时影响种子活力^[1]。灌浆过程分为籽粒形成期、乳熟期、蜡熟期和完熟期 4 个连续阶段,在此期间籽粒进行形态建成,营养物质积累,活性物质增加,保护组织建成,种子活力提升等过程。作物

生境、生态因子、品种类型及作物群体结构影响玉米的灌浆过程^[2]。玉米杂交制种实践中,根据品种特性,通过基地选择、肥水管理、激素及外源化学物质喷施、合理密植等农艺农技措施可以调控种子灌浆过程,使杂交种高产优质^[3]。长期以来,人们按照粮食的收获标准来确定种子的适宜收获期,出现了种子田间出苗率低、种子活力低下等情况,而根据种子灌浆过程中的活力变化情况,则可以确定种子适宜的收获时间,保证收获种子的活力,确保种子田间出苗率^[4]。

基金项目:甘肃省产业支撑计划(2022CYZC-62)

通信作者:王进

隆平 206 是由安徽隆平高科种业有限公司选育并大面积生产的中熟、高产、适应性广的杂交玉米品种。母本为 L239, 父本为 L7221, 2007 年通过安徽省审定, 审定编号: 皖品审 07050572, 2009 年通过河南省引种审定, 审定编号: 豫引玉 2009010, 2011 年先后通过山东(审定编号: 鲁农审 2011008 号)、河北(审定编号: 冀审玉 2011025 号)等省审定^[5]。该品种为黄粒、白轴、半马齿型紧凑株型玉米, 具有抗倒伏、抗病等优良特性。该组合在张掖市制种面积 1000~1500hm², 适宜在安徽、山东、河南(开封、商丘、周口以外地区)、河北张家口市坝下丘陵及河川中熟区种植^[6]。

本研究通过全面分析隆平 206 种子成熟过程中活力的变化, 确定该品种的采收适期, 以期优化玉米种子生产技术规程, 创建玉米种子高活力大田生产技术体系提供借鉴, 同时为河西走廊玉米种子采收干燥提供新模式。

1 材料与方法

1.1 试验材料及试验地概况 供试玉米品种为隆平 206, 试验地位于隆平高科张掖市甘州区玉米制种基地, 地理位置 38° 84' 37.33" N, 100° 40' 64" E, 海拔高度 1533m, 年降雨量 106mm, 平均温度 7.50℃, 土壤类型为灰灌漠土。有机质含量 23.514g/kg, 碱解氮含量 53.85mg/kg, 速效磷含量 15.27mg/kg, 速效钾含量 153.11mg/kg, pH 值 8.09。

1.2 试验设计 试验采用随机区组设计, 小区面积 200m², 3 次重复。采用宽窄行方式进行播种, 宽行 50cm, 窄行 40cm, 株距 20cm。母本播种日期为 2023 年 4 月 15 日, 行比 1:7 加满天星配置父本, 1 期父本 4 月 20 日播种, 2 期父本 4 月 25 日播种。7 月 13 日母本去雄, 母本 50% 在 7 月 22 日吐丝, 父本 50% 在 7 月 23 日散粉, 在 7 月 23 日标记吐丝 2cm 的果穗, 于 37d 后开始每隔 3d 采集 1 次标记的果穗 150 穗, 在室外晾干脱粒, 将种子清选精选后备用。

1.3 测试指标

1.3.1 不同收获期种子容重、比重及细胞膜完整性测定 容重用容量法测定, 比重用排水法测定。细胞膜完整性测定如下: 取不同时期净种子各 50 粒精确称重, 放置于干净烧杯中, 加入去离子水 250mL, 设置 2 次重复, 以加入去离子水的烧杯作对照。烧

杯用薄膜盖好, 于 20℃ 下放置 24h, 然后用电导仪测定浸泡液和对照的电导率。单位重量电导率 $[\mu\text{s}/(\text{cm} \cdot \text{g})] = [(\text{重复 1 的电导} - \text{对照电导}) / \text{重复 1 重量} + (\text{重复 2 的电导} - \text{对照电导}) / \text{重复 2 重量}] / 2$ 。电导率测定是唯一列入国际种子检验协会规程的种子活力测定方法。种子细胞膜完整性与种子活力呈正相关, 与电导率呈负相关, 根据浸泡液电导率高低, 可以判断种子细胞膜完整性, 进而判断种子活力高低。

1.3.2 不同环境条件下种子活力检验试验设计 标准发芽试验条件 根据容重、比重、细胞膜完整性的测定结果, 取灌浆 40~67d 的种子作为试验材料。取不同时期的净玉米种子各 400 粒, 4 次重复, 播种于 2~4cm 深的沙盒内, 覆沙 2cm 于 25℃ 光照条件下培养 7d。

模拟早春低温处理条件 取不同时期的净玉米种子各 200 粒, 4 次重复, 播种于 2~4cm 深的潮湿沙盒内, 覆沙 2cm 于 10℃ 低温黑暗条件下处理 7d, 模拟早春低温处理, 然后转入 25℃ 条件下(12h 光照/12h 黑暗)培养 7d。

人工老化处理法测定种子耐储活力 取不同时期的净玉米种子各 250 粒, 在 45℃、RH 100% 条件下处理 72h, 然后自然风干做标准发芽试验, 50 粒 1 个重复, 共 4 次重复, 在砂床 25℃ 光照条件下培养 7d。

模拟复合逆境条件 采用冷浸法, 取不同时期的净玉米种子各 200 粒, 4 次重复, 用纱布包好后挂上标签, 在 6℃ 低温冷水中浸泡处理 3d。

1.3.3 不同环境条件下种子活力指标计算 4 种环境条件的发芽试验结束后, 计算发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数, 统计 5 株幼苗的鲜重、干重、根冠比及壮苗指数 4 个生长指标。第 4 天统计发芽势, 发芽势(%) = (第 4 天发芽的种子数 / 供试种子数) × 100; 发芽率以最终达到的正常幼苗百分率计, 发芽率(%) = (第 7 天发芽的种子数 / 供试种子数) × 100; 发芽指数按公式 $GI = \sum G_t / D_t$ 计算, 式中 GI 为发芽指数, G_t 为逐日发芽数, D_t 为相应的发芽天数; 活力指数按公式 $VI = GI \times S$ 计算, 式中 VI 为活力指数, GI 为发芽指数, S 为幼苗鲜重; 壮苗指数按照公式 壮苗指数 = (茎粗 / 株高 + 根干重 / 地上部干重) × 全株干重进行计算^[7-10]。

1.4 统计分析 以 Microsoft Excel 2003 对数据进行整理,用 SPSS 10.0 统计软件对数据进行统计分析,以单因素方差分析和 Duncan 新复极差法在 0.05 和 0.01 水平确定各平均值间的差异显著性,分析结果以平均数 \pm 标准误标示。

2 结果与分析

2.1 灌浆过程中种子容重、比重及细胞膜完整性的变化 如表 1 所示,授粉后,随着灌浆天数的增加,种子容重呈增加的趋势,67~76d 收获的种子容重差异不显著,但整体上极显著高于其他收获时间,各时期容重的极显著差异表现为: 67~76d>55~64d>52d>46~49d>43d>40d>37d。授粉后,种子比

重的变化总体上呈现随灌浆时间增加先增加后减小的趋势,在授粉后 64d 达到峰值,此后随灌浆天数的增加,比重呈下降趋势。授粉后,随灌浆天数的增加,种子浸出液电导率总体上呈现降低趋势,并在 61d 后基本趋于稳定,在 $4.60\mu\text{s}/(\text{cm}\cdot\text{g})$ 左右,因此细胞膜完整性更好。

2.2 标准发芽试验中隆平 206 种子活力变化及幼苗生长情况 由表 2 可见,在标准发芽试验条件下,随着灌浆天数的增加,种子发芽势、发芽率整体上有增加的趋势,46~67d 种子的发芽势、发芽率之间无显著差异,但极显著高于 40~43d 的种子,发芽势在 64d 时最大(98%),发芽率在 46d 后均较大。

表 1 隆平 206 种子灌浆过程中容重、比重及细胞膜完整性变化

授粉后收获时间(d)	容重(g)	比重(g/mL)	电导率[$\mu\text{s}/(\text{cm}\cdot\text{g})$]
37	637.50 \pm 2.12Gg	1.085 \pm 0.007Df	18.84 \pm 0.45Aa
40	656.50 \pm 4.95Ff	1.105 \pm 0.007CDef	10.75 \pm 0.45Bb
43	663.50 \pm 2.12Ee	1.115 \pm 0.007CDde	11.31 \pm 0.29Bb
46	688.50 \pm 0.71Dd	1.125 \pm 0.007BCde	8.35 \pm 0.11Cc
49	691.50 \pm 0.71Dd	1.135 \pm 0.007BCbed	7.93 \pm 0.07Cc
52	713.00 \pm 2.83Cc	1.130 \pm 0.014BCede	5.87 \pm 0.28Dd
55	721.50 \pm 0.71Bb	1.160 \pm 0.014ABabc	5.51 \pm 0.50DEd
58	720.50 \pm 0.71Bb	1.165 \pm 0.007ABab	5.68 \pm 0.45Dd
61	721.00 \pm 1.41Bb	1.160 \pm 0.014ABabc	4.74 \pm 0.07EFe
64	725.00 \pm 2.83Bb	1.185 \pm 0.035Aa	4.46 \pm 0.22Fe
67	735.50 \pm 0.71Aa	1.165 \pm 0.007ABab	4.56 \pm 0.09Fe
70	735.50 \pm 0.71Aa	1.160 \pm 0.014ABabc	4.70 \pm 0.09EFe
73	736.00 \pm 1.41Aa	1.157 \pm 0.013ABabc	4.73 \pm 0.06EFe
76	738.50 \pm 0.71Aa	1.158 \pm 0.011ABabc	4.77 \pm 0.20EFe

同列不同小写、大写字母分别表示在 0.05、0.01 水平上差异显著、极显著,下同

表 2 标准发芽试验条件下不同收获期隆平 206 种子发芽情况

授粉后收获时间(d)	发芽势(%)	发芽率(%)	发芽指数	活力指数
40	72 \pm 2.83Cc	87 \pm 3.00Cc	21.91 \pm 1.02Dd	13.60 \pm 1.16Ee
43	82 \pm 3.42Bb	93 \pm 2.00Bb	24.77 \pm 0.87Cc	21.38 \pm 0.89Dd
46	95 \pm 3.00Aa	99 \pm 1.91Aa	27.74 \pm 0.77Bb	24.22 \pm 1.01Cc
49	95 \pm 4.16Aa	99 \pm 1.00Aa	27.47 \pm 0.55Bb	27.85 \pm 0.92Bb
52	95 \pm 4.76Aa	98 \pm 3.00Aa	27.83 \pm 1.19Bb	28.61 \pm 0.07Bb
55	95 \pm 2.58Aa	97 \pm 1.15Aa	28.57 \pm 0.78Bb	29.07 \pm 0.55Bb
58	97 \pm 2.51Aa	98 \pm 3.00Aa	31.56 \pm 1.35Aa	33.35 \pm 1.28Aa
61	97 \pm 2.00Aa	99 \pm 1.15Aa	30.50 \pm 0.78Aa	33.20 \pm 1.22Aa
64	98 \pm 1.91Aa	99 \pm 1.15Aa	31.15 \pm 0.74Aa	32.01 \pm 1.00Aa
67	96 \pm 2.82Aa	99 \pm 1.91Aa	31.16 \pm 0.62Aa	32.76 \pm 0.81Aa

随着灌浆天数的增加,发芽指数亦呈现增加趋势,58~67d的发芽指数间无显著差异,但极显著高于其他收获时间,各时期活力指数的极显著性差异表现为:58~67d>49~55d>46d>43d>40d。

由表3可知,标准发芽试验条件下,随灌浆天数的增加,幼苗鲜重整体上呈增加趋势,61d时达到最大,为5.686g。幼苗干重随灌浆天数的增加而增加,67d时达到最大,极显著高于其余时期,为0.645g。幼苗根冠比随灌浆时间呈增加趋势,67d时达到最大,极显著高于其余时期,为2.970。壮苗指数随灌浆天数的增加呈增加趋势,67d时达到最大,极显著高于其余时期,为6.938。综上所述,在良好的自然和耕作条件下,为获得较好的出苗率和出苗速度,建议种子在授粉58d后收获,为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,隆平206种子应尽可能晚收。

2.3 低温处理对不同收获期隆平206种子活力的

影响 由表4可见,经10℃低温黑暗处理7d的隆平206种子,整体上发芽势随灌浆天数的增加而提高,49~67d的种子发芽势无显著差异,但极显著高于40~46d的种子。发芽率在40~43d的种子间无显著差异,但极显著低于46~67d的种子,各时期的种子发芽率均在90%以上。发芽指数总体上随灌浆时间呈升高趋势,40~46d的种子发芽指数随灌浆天数的增加极显著升高,49~67d的种子发芽指数差异不显著,发芽指数在61d达最高(33.33)。活力指数随灌浆天数的增加呈升高趋势,40~49d的种子活力指数随灌浆天数的增加极显著升高,61~67d的种子活力指数无显著差异但极显著高于其余时期。

由表5可知,低温处理下,幼苗鲜重、幼苗干重、根冠比、壮苗指数随灌浆天数的增加呈增加趋势。随灌浆天数的增加,幼苗鲜重极显著增加,61~64d收获的种子幼苗鲜重差异不显著,但显著高于前

表3 标准发芽试验条件下不同收获期隆平206种子幼苗生长情况

授粉后收获时间(d)	幼苗鲜重(g)	幼苗干重(g)	根冠比	壮苗指数
40	3.207 ± 0.116Fd	0.297 ± 0.025Ef	1.648 ± 0.064Gg	2.292 ± 0.117li
43	4.292 ± 0.149Ec	0.407 ± 0.005De	1.870 ± 0.069Ff	2.752 ± 0.068Hh
46	4.363 ± 0.067Ec	0.482 ± 0.019Cd	1.988 ± 0.103EFe	3.257 ± 0.092Gg
49	4.931 ± 0.133Db	0.516 ± 0.009Cc	1.975 ± 0.047EFe	3.705 ± 0.119Ff
52	5.003 ± 0.187CDb	0.511 ± 0.003Cc	2.063 ± 0.051DEde	4.236 ± 0.064Ee
55	5.091 ± 0.152BCDb	0.515 ± 0.007Cc	2.135 ± 0.025Dd	4.441 ± 0.062DEd
58	5.547 ± 0.382ABa	0.566 ± 0.011Bb	2.150 ± 0.067Dd	4.543 ± 0.171CDcd
61	5.686 ± 0.502Aa	0.582 ± 0.019Bb	2.408 ± 0.067Cc	4.733 ± 0.089Cc
64	5.488 ± 0.259ABCa	0.574 ± 0.014Bb	2.685 ± 0.076Bb	5.090 ± 0.209Bb
67	5.593 ± 0.175ABa	0.645 ± 0.033Aa	2.970 ± 0.090Aa	6.938 ± 0.227Aa

表4 低温处理对不同收获期隆平206种子发芽的影响

授粉后收获时间(d)	发芽势(%)	发芽率(%)	发芽指数	活力指数
40	89.25 ± 0.96Dd	92.00 ± 1.63Bb	28.76 ± 0.64Dd	24.92 ± 0.88Ff
43	92.00 ± 0Bb	93.00 ± 1.15Bb	30.66 ± 0.28Cc	31.77 ± 1.37Ee
46	95.50 ± 1.00Cc	97.00 ± 3.46Aa	31.88 ± 1.24Bb	36.84 ± 1.45Dd
49	98.50 ± 1.00Aa	99.00 ± 1.15Aa	32.81 ± 0.27ABa	41.06 ± 1.09Cc
52	98.00 ± 1.63Aa	98.00 ± 1.63Aa	32.68 ± 0.43ABab	42.10 ± 0.32BCbc
55	99.00 ± 1.15Aa	99.00 ± 1.15Aa	32.96 ± 0.34ABa	43.55 ± 1.06Bb
58	98.50 ± 1.91Aa	99.00 ± 2.00Aa	32.89 ± 0.72ABa	43.70 ± 0.86Bb
61	100 ± 0Aa	99.50 ± 1.00Aa	33.33 ± 0Aa	46.79 ± 1.39Aa
64	99.00 ± 1.15Aa	99.00 ± 1.15Aa	33.00 ± 0.38ABa	46.69 ± 0.91Aa
67	98.50 ± 1.91Aa	98.50 ± 1.91Aa	32.75 ± 0.50ABab	47.50 ± 1.68Aa

表5 低温处理对不同收获期隆平206幼苗生长情况的影响

授粉后收获时间(d)	幼苗鲜重(g)	幼苗干重(g)	根冠比	壮苗指数
40	4.206 ± 0.021Hh	0.365 ± 0.016Fg	1.153 ± 0.015Ff	0.509 ± 0.021Fg
43	5.007 ± 0.101Gg	0.415 ± 0.019Ef	1.178 ± 0.010Ff	0.562 ± 0.007Fg
46	5.367 ± 0.163Ff	0.496 ± 0.011De	1.323 ± 0.017Ee	0.722 ± 0.005Ef
49	5.713 ± 0.116Ee	0.550 ± 0.012Cd	1.350 ± 0.029DEe	0.775 ± 0.018Ef
52	6.291 ± 0.198Dd	0.591 ± 0.015Cc	1.400 ± 0.028CDd	0.909 ± 0.011De
55	6.424 ± 0.095Dcd	0.656 ± 0.014Bb	1.440 ± 0.032BCcd	0.973 ± 0.021CDd
58	6.595 ± 0.213CDc	0.648 ± 0.040Bb	1.480 ± 0.029Bbc	1.010 ± 0.041Ccd
61	6.981 ± 0.254ABb	0.672 ± 0.030Bb	1.490 ± 0.018Bbc	1.029 ± 0.054Cc
64	6.857 ± 0.206BCb	0.688 ± 0.012ABa	1.500 ± 0.037Bb	1.115 ± 0.050Bb
67	7.253 ± 0.252Aa	0.728 ± 0.049Aa	1.612 ± 0.077Aa	1.300 ± 0.072Aa

期收获的种子,67d收获的种子幼苗鲜重最高,为7.253g。40~49d收获的种子幼苗干重随灌浆天数的增加极显著增加,64~67d收获的种子幼苗干重间差异不显著,但显著高于前期收获的种子。根冠比在67d收获的种子幼苗中达到最高,极显著高于前期收获的种子,达1.612。壮苗指数在67d收获的种子幼苗中达到最高,61~67d收获的种子随灌浆天数的增加,壮苗指数极显著提高。综上所述,在早春低温处理条件下为获得较好的出苗率和出苗速度,建议种子在授粉61d后收获,为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,隆平206种子可在67d后收获。

2.4 人工老化处理对不同收获期隆平206种子活力的影响 由表6可知,在种子经过人工老化处理后,发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数随灌浆天数的增加整体呈升高趋势,40~46d的种子发芽势极显著提高,61~67d的种子发芽势间差异不显著,但极

显著高于40~49d收获的种子。40~46d的种子发芽率随灌浆天数的增加极显著提高,61~67d的种子发芽率间差异不显著,但极显著高于40~46d收获的种子。40~46d的种子发芽指数随灌浆天数的增加极显著提高,58~67d的种子发芽指数间差异不显著,但极显著高于40~49d收获的种子。40~46d的种子活力指数极显著提高,67d的种子活力指数最大,极显著高于前期收获的种子。

由表7可知,不同收获期的隆平206种子,经人工老化处理后,幼苗鲜重、幼苗干重、根冠比、壮苗指数整体上随灌浆天数的增加而提高。40~46d收获的种子幼苗鲜重随灌浆天数的增加极显著提高,67d收获的种子幼苗鲜重最大,极显著高于前期收获的种子。40~43d收获的种子幼苗干重随灌浆天数的增加极显著增加,67d收获的种子幼苗干重最高,显著高于前期收获的种子。40~43d收获的种子根冠

表6 人工老化处理对不同收获期隆平206种子发芽的影响

授粉后收获时间(d)	发芽势(%)	发芽率(%)	发芽指数	活力指数
40	68.00 ± 5.89Ee	75.50 ± 3.79Ee	21.12 ± 2.07Ef	13.01 ± 0.90Hh
43	78.50 ± 1.91Dd	87.00 ± 1.15Dd	27.18 ± 0.63De	19.15 ± 0.58Gg
46	89.00 ± 1.15Cc	92.00 ± 1.63Cc	29.67 ± 0.55Cd	25.59 ± 0.79Ff
49	93.00 ± 1.15BCb	95.00 ± 1.15ABCb	30.30 ± 0.26BCed	27.30 ± 0.40Fe
52	95.50 ± 3.00ABab	98.00 ± 1.63ABa	30.29 ± 1.12ABCbc	29.42 ± 0.91Ed
55	96.50 ± 3.42ABab	99.00 ± 1.63ABa	31.78 ± 0.30ABab	30.76 ± 1.34DEc
58	97.50 ± 1.91ABa	99.00 ± 1.63ABa	32.23 ± 1.09Aab	31.49 ± 1.14CDc
61	99.00 ± 2.00Aa	99.00 ± 1.15Aa	33.03 ± 0.18Aa	33.42 ± 0.96Bb
64	99.50 ± 1.00Aa	98.50 ± 1.91Aa	32.89 ± 0.53Aa	33.17 ± 1.10BCb
67	99.00 ± 1.15Aa	99.00 ± 1.15Aa	32.79 ± 0.29Aa	37.05 ± 0.52Aa

表7 不同收获期隆平206种子人工老化试验条件下幼苗生长情况的影响

授粉后收获时间(d)	幼苗鲜重(g)	幼苗干重(g)	根冠比	壮苗指数
40	2.989 ± 0.091Gf	0.238 ± 0.021Ff	1.440 ± 0.016Gf	0.384 ± 0.018Fh
43	3.605 ± 0.134Fe	0.285 ± 0.008Ee	1.500 ± 0.016Fe	0.473 ± 0.006Eg
46	4.023 ± 0.064Ed	0.304 ± 0.012Ee	1.535 ± 0.019EFde	0.514 ± 0.032Ef
49	4.104 ± 0.124Ed	0.345 ± 0.005Dd	1.565 ± 0.019Ed	0.643 ± 0.025De
52	4.720 ± 0.070CDc	0.386 ± 0.008Cc	1.650 ± 0.029Dc	0.705 ± 0.021Cd
55	4.658 ± 0.185Dc	0.406 ± 0.015BCc	1.685 ± 0.010CDc	0.698 ± 0.019Cd
58	4.735 ± 0.165CDc	0.410 ± 0.023BCc	1.728 ± 0.044BCb	0.697 ± 0.013Cd
61	4.959 ± 0.194BCb	0.408 ± 0.017BCc	1.753 ± 0.038Bb	0.740 ± 0.006Cc
64	5.037 ± 0.142Bb	0.446 ± 0.027ABb	1.825 ± 0.030Aa	0.809 ± 0.043Bb
67	5.594 ± 0.046Aa	0.478 ± 0.042Aa	1.855 ± 0.029Aa	0.882 ± 0.049Aa

比随灌浆天数的增加极显著增加,64~67d收获的种子根冠比差异不显著,但极显著高于前期收获的种子。40~52d收获的种子壮苗指数随灌浆天数的增加显著增加,52~58d收获的种子壮苗指数无显著差异,61~67d收获的种子壮苗指数随灌浆天数的增加而极显著增加。综上所述,中后期收获的隆平206种子有较好的耐储性,对于一繁多年用的种子,应在授粉55d后收获,以保持种子较好的活力;为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,隆平206种子应在67d后收获。

2.5 低温冷浸处理对不同收获期隆平206种子活力的影响 由表8可知,在种子经过低温冷浸后,发芽势、发芽率、发芽指数、活力指数随灌浆天数的增加呈波动上升的趋势。40~43d收获的种子发芽势随灌浆天数的增加显著提高,64~67d收获的种子发芽势差异不显著,但极显著高于前期收获的种子。40~43d收获的种子发芽率随灌浆天数的增加

极显著提高,64~67d收获的种子发芽率差异不显著,但显著高于前期收获的种子。40~52d收获的种子发芽指数随灌浆天数的增加极显著提高,64~67d收获的种子发芽指数差异不显著,但极显著高于40~52d收获的种子。40~55d收获的种子活力指数随灌浆天数的增加显著提高,58~67d收获的种子活力指数差异不显著,但极显著高于40~52d收获的种子。

由表9可知,随灌浆天数的增加,幼苗鲜重、幼苗干重、根冠比整体上呈增加趋势。40~43d收获的种子幼苗鲜重随灌浆天数的增加极显著提高,58~67d收获的种子幼苗鲜重间差异不显著,但极显著高于40~52d收获的种子。40~46d收获的种子幼苗干重随灌浆天数的增加极显著提高,61~67d收获的种子幼苗干重间差异不显著,但极显著高于前期收获的种子。40~52d收获的种子幼苗根冠比随灌浆天数的增加显著提高,67d收获的种子根冠比

表8 低温冷浸处理对不同收获期隆平206种子发芽的影响

授粉后收获时间(d)	发芽势(%)	发芽率(%)	发芽指数	活力指数
40	20.75 ± 3.59De	41.50 ± 1.91Gg	6.24 ± 0.22Gg	5.88 ± 0.95Gg
43	25.50 ± 3.11Dd	47.50 ± 1.91Ff	9.62 ± 0.31Ee	9.92 ± 0.31Ff
46	26.50 ± 1.00Dd	49.50 ± 1.00Fef	8.34 ± 0.43Ff	11.41 ± 0.82Fe
49	33.00 ± 2.58Cc	52.50 ± 1.91Fe	10.65 ± 0.46Dd	15.24 ± 0.85Ed
52	37.25 ± 1.50BCbc	61.00 ± 2.58Ed	12.44 ± 0.53Cc	18.16 ± 0.47Dc
55	36.50 ± 3.42BCbc	68.00 ± 3.37Dc	12.68 ± 0.38BCbc	19.91 ± 0.67Cb
58	40.75 ± 1.50Bb	77.50 ± 1.91BCb	13.46 ± 0.35Aa	20.84 ± 0.55ABCb
61	38.00 ± 3.27BCb	76.50 ± 5.00Cb	13.12 ± 0.27ABCab	20.53 ± 0.73BCb
64	75.50 ± 3.79Aa	83.50 ± 1.91Aa	13.49 ± 0.27Aa	22.24 ± 1.69ABa
67	77.00 ± 5.29Aa	82.50 ± 2.52ABa	13.40 ± 0.20ABa	22.60 ± 1.08Aa

表9 不同收获期隆平206种子低温冷浸试验条件对幼苗生长情况的影响

授粉后收获时间(d)	幼苗鲜重(g)	幼苗干重(g)	根冠比	壮苗指数
40	4.376 ± 0.470Dg	0.327 ± 0.010Ff	1.148 ± 0.009Hh	0.435 ± 0.030Gg
43	5.340 ± 0.236Cf	0.402 ± 0.009Ee	1.200 ± 0.016Gg	0.558 ± 0.026Ff
46	5.514 ± 0.191Cef	0.447 ± 0.017Dd	1.235 ± 0.025Gf	0.650 ± 0.011Ee
49	5.836 ± 0.112Ce	0.461 ± 0.021Dd	1.325 ± 0.019Fe	0.692 ± 0.010Ee
52	6.879 ± 0.222Bd	0.568 ± 0.008Cc	1.373 ± 0.015Ed	0.777 ± 0.032Dd
55	7.324 ± 0.123ABc	0.606 ± 0.012Bb	1.380 ± 0.016DEd	0.848 ± 0.017Cc
58	7.446 ± 0.161Abc	0.631 ± 0.012Bb	1.415 ± 0.019CDc	0.922 ± 0.029Bb
61	7.487 ± 0.343Aabc	0.669 ± 0.022Aa	1.450 ± 0.012BCb	1.038 ± 0.039Aa
64	7.886 ± 0.245Aa	0.671 ± 0.023Aa	1.473 ± 0.030Bb	1.033 ± 0.058Aa
67	7.841 ± 0.352Aab	0.690 ± 0.034Aa	1.510 ± 0.012Aa	1.029 ± 0.027Aa

最大,极显著高于前期收获的种子。40~46d收获的种子幼苗壮苗指数随灌浆天数的增加极显著提高,61~67d收获的种子幼苗壮苗指数差异不显著,但极显著高于前期收获的种子。综上所述,不同收获期的隆平206种子耐低温复合逆境能力不同,对于在逆境条件复杂的种植区,应在授粉61d后收获,可通过增加播种量来保证田间苗齐,在种子成熟后期收获能保持种子较好的活力和幼苗生长量。

3 讨论与结论

3.1 种子容重、比重变化与种子活力的关系及应用

容重能够真实地反映玉米的成熟度,可作为有限生育期与籽粒含水量之间的有利连结点,更好地评价杂交种的品质^[11]。结合本研究结果,随灌浆时间的增加,种子容重呈增加趋势表明种子活力高低与营养物质积累相关,同时还受灌浆过程中激素及生理活性物质的影响。种子容重也是计算仓储量的依据,适期早收的种子容重低、仓储量大,在不降低种子活力的情况下,可降低储藏运输成本。授粉后37~64d,比重随灌浆时间的推迟呈增加趋势,授粉后64~76d,比重随灌浆天数的增加呈下降趋势。比重是种子精选的依据,可通过调节比重筛参数,将不同比重的隆平206种子做精选,不同收获期种子比重差异与营养物质种类相关,同时也受营养物质结构影响。适期早收的种子比重低、单位体积的包装量大,在不降低种子活力的情况下,可降低包装成本和运输劳动力。

3.2 种子灌浆过程中电导率变化对种子生产的指导意义 随灌浆天数的增加,种子浸出液电导率呈降低趋势,64~76d后浸出液电导率有增加趋势。种

子浸出液电导率代表种子细胞膜完整程度,与种子活力呈负相关,灌浆前期收获的种子因细胞膜结构不完善,导致浸出液电导率高,种子活力低。随着灌浆天数的增加,细胞膜结构和功能完善,浸出液电导率降低,种子活力升高,种子完熟阶段,随营养物质积累,亲水胶体增加,种皮变薄,种子在收获、加工、运输时容易遭受机械损伤,电导率上升^[12]。因此,建议隆平206种子适期早收,保持细胞膜吸涨和修复的完整性,保持种子活力,同时在果穗收获、加工、运输和脱粒过程中,应避免机械损伤,保持种子细胞膜完整性。

3.3 种子灌浆过程中活力变化对生产的指导意义

种子活力是种子质量的重要指标,高活力种子具有明显的生长优势和生产潜力。通过标准发芽试验,测定种子发芽势、发芽指数、活力指数和幼苗鲜重来反映种子活力,是普遍采用的方法^[13-15]。在良好的自然和耕作条件下,为获得好的出苗率和出苗速度,建议隆平206种子在授粉58d后收获,为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,隆平206种子应尽可能晚收。

3.4 逆境胁迫下隆平206种子的适宜收获期

研究表明,为获得好的出苗率和出苗速度,早春低温冷凉区隆平206种子应在授粉61d后收获,为获得健壮幼苗和好的幼苗生长量,则种子应在67d后收获。中后期收获的隆平206种子有较好的耐储性,对于一繁多年用的种子,应在授粉55d后收获,以保持种子较好的活力;为获得健壮幼苗和较好的幼苗生长量,对于一繁多年用的隆平206种子应在67d

(下转第108页)

- 与环境互作分析. 华北农学报, 2021, 36 (6): 88-95
- [13] Shi D, Hang J Y, Neufeld J, Zhao S S, House J D. Effects of genotype, environment and their interaction on protein and amino acid contents in soybeans. *Plant Science*, 2023, 33: 111891
- [14] 温克刚, 翟武全. 中国气象灾害大典(安徽卷). 北京: 气象出版社, 2008
- [15] 熊世为, 邱阳阳, 郁凌华, 蒋琳, 华俊玮, 凌遵斌. 基于 SPI 的安徽省 1961—2019 年干旱演变特征分析. *湖北农业科学*, 2022, 61 (6): 56-60, 65
- [16] 谢五三, 唐为安, 宋阿伟. 多时间尺度 SPI 在安徽省气象干旱监测中的适用性研究. *气象*, 2019, 45 (11): 1560-1568
- [17] 李德成, 张甘霖, 龚子同. 我国砂姜黑土土种的系统分类归属研究. *土壤*, 2011, 43 (4): 623-629
- [18] 魏俊岭, 金友前, 邵红军, 常江, 章力干. 施肥措施对砂姜黑土水分入渗性能的影响. *中国生态农业学报*, 2014, 22 (8): 965-971
- [19] 王道中, 花可可, 郭志彬. 长期施肥对砂姜黑土作物产量及土壤物理性质的影响. *中国农业科学*, 2015, 48 (23): 4781-4789
- [20] 郭泰, 刘忠堂, 王志新, 郑伟, 李灿东, 徐杰飞, 赵星棋, 郭英玲. 合丰(合交、合农、佳豆)大豆育种工作回顾与系列品种分析. *黑龙江农业科学*, 2022 (9): 1-13
- [21] 刘忠堂. 六十年大豆育种之感悟. *大豆科学*, 2019, 38 (1): 3-4
- [22] 胡国玉, 夏英萍, 杜祥备, 陈金华, 李杰坤, 王大刚, 吴倩, 王维虎, 杨勇, 黄志平. 安徽省夏大豆产量及限制因素分析. *中国油料作物学报*, 2023, 45 (4): 793-802
- [23] 王连铮, 孙君明, 王岚, 李斌, 赵荣娟. 广适高产高蛋白大豆品种中黄 13 的选育与应用. *大豆科学*, 2019, 38 (1): 1-6
- [24] 孙星邈, 谢建国, 郑海洋, 郭梦瑶, 赵雨轩, 王曙明, 张井勇. 东北春大豆区不同年代审定品种主要性状演变分析. *大豆科学*, 2023, 42 (1): 118-128
- [25] 杨文英, 于晓波, 安建刚, 曾召琼, 冯军, 梁建秋, 王嘉, 张明荣, 吴海英. 2011—2022 年四川省审定春、夏大豆品种主要性状演变趋势分析. *中国油料作物学报*, 2023, 45 (5): 935-946
- [26] 白智媛, 陈向阳, 郑阿香, 张力, 邹军, 张大同, 陈阜, 尹小刚. 1991—2019 年美国大豆区试品种(系)农艺和品质性状时空变化特征. *作物学报*, 2023, 49 (1): 177-187
- [27] 郭小红, 王兴才, 孟田, 张惠君, 敖雪, 王海英, 谢甫绶. 中国辽宁省和美国俄亥俄州育成大豆品种形态、产量和品质性状的比较研究. *中国农业科学*, 2015, 48 (21): 4240-4253
- [28] 胡铁欢, 孙永媛, 武西增, 何素琴, 刘文香, 曹金锋. 不同光周期大豆品种对产量及相关性状的影响. *分子植物育种*, <http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230811.1341.004.html>
- [29] 韩天富, 盖钧镒, 陈风云, 岳家驹. 生育期结构不同的大豆品种的光周期反应和农艺性状. *作物学报*, 1998, 24 (5): 550-557

(收稿日期: 2024-04-10)

(上接第 99 页)

后收获。不同收获期的隆平 206 种子, 抗复合逆境能力较差, 对于在逆境条件复杂的种植区, 应在种子完全成熟后收获, 通过增加播种量以保持种子较好的活力和幼苗生长量, 或者直接选择耐低温冷浸品种播种, 减少种植风险。总之, 隆平 206 种子收获期应根据目标种植地区的生态条件来确定适宜收获期。

参考文献

- [1] 翟群社, 付克勤, 黎亚萍, 赵小峰, 范军科. 玉米制种鲜果穗“戈壁晾晒法”. *中国种业*, 2013 (7): 98
- [2] 马云国, 李爱玲, 杨明凯, 张玉, 马雪蕾. 齐单 1 号不同灌浆天数种子性状变化分析. *中国种业*, 2015 (3): 55-57
- [3] 杨国航, 张春原, 孙世贤, 刘春阁, 王卫红, 赵久然. 夏玉米子粒收获期判定方法研究. *作物杂志*, 2006 (5): 11-13
- [4] 樊廷录, 王淑英, 王建华, 杨珍. 河西制种基地玉米杂交种种子成熟期与种子活力的关系. *中国农业科学*, 2014, 47 (15): 2960-2970
- [5] 佚名. 隆平 206 玉米新品种. *农家致富*, 2015 (3): 25
- [6] 陈恩银, 产焰坤. 玉米隆平 206 高产制种技术. *安徽农业科学*, 2013, 41 (25): 10246-10247, 10274
- [7] 邱宏, 吕婷婷, 刘玲玲, 郭新海, 夏鹤鸣, 王振华. 不同人工老化法测定玉米种子耐储性的比较分析. *玉米科学*, 2015, 23 (3): 71-75
- [8] 贾金荣. 采用冷浸法测定贮藏期间的玉米种子活力. *种子科技*, 1993 (6): 32
- [9] 颜启传. 种子检验原理与技术. 杭州: 浙江大学出版社, 2011
- [10] 胡晋. 种子贮藏加工学(第 2 版). 北京: 中国农业出版社, 2010
- [11] 陈成君. 播期对夏玉米籽粒容重及产量的影响. *农业科技通讯*, 2021 (1): 69-71
- [12] 石海春, 柯永培, 傅体华, 孔建雄, 余学杰, 向南海. 不同成熟度玉米种子活力的差异性研究. *四川农业大学学报*, 2006, 24 (3): 269-271
- [13] Owolade O F, Alabi B S, Enikuomehin O A, Atungwu J J. Effect of harvest stage and drying methods on germination and seed-borne fungi of maize (*Zea mays* L.) in South West Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 2005, 4 (12): 1384-1389
- [14] 刘京宝, 房志勇, 赵霞, 黄璐, 夏来坤, 冯保荣, 刘麦囤. 河南省夏玉米最佳收获期研究. *河南农业科学*, 2011, 40 (6): 46-48, 55
- [15] 孟庆平, 张玉权, 常淑娟, 李桂杰, 李静, 李柏春, 刘凤才. 玉米最佳收获期的主要相关性状研究初探. *玉米科学*, 2007, 15 (S1): 117-118, 122

(收稿日期: 2024-03-30)