

许海涛,王文文,王友华,等. 玉米种子活力及幼苗生长特性对其成熟度的响应[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):113-117.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.020

玉米种子活力及幼苗生长特性对其成熟度的响应

许海涛¹, 王文文², 王友华¹, 许波¹, 王成业¹

(1. 驻马店市农业科学院/河南玉米产业技术体系驻马店综合试验站, 河南驻马店 463000;

2. 河南省平舆县农业科学技术试验站, 河南平舆 463400)

摘要:以自交系母本 9058by、父本驻 16 为试验材料,授粉后 30 d 起每隔 5 d 采集果穗,研究玉米种子活力及幼苗生长特性对其成熟度的响应。结果表明,授粉后前期收获的玉米籽粒成熟度低,具有一定的发芽能力,但抗逆能力弱;冷发芽率、田间出苗率大幅降低。随着授粉时间的延后,籽粒成熟度提升,抗逆能力渐渐升高。授粉后 45 d 采收,籽粒发芽势、发芽率、冷发芽率、根冠比、出苗率达到最大值;授粉后 50 d 采收,籽粒的活力指数、幼苗苗长、根长、根条数达到最大值;授粉后 45~50 d 收获的籽粒质量较高,种子活力可达到较高水平。

关键词:发芽率;活力指数;根冠比;出苗率;幼苗特性;成熟度

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)19-0113-04

玉米是世界上种植面积较大的粮食作物之一,对我国粮食产量增加的贡献率已达 58.1%,是粮食增产的中坚力量^[1-2]。种子是玉米高产优质的内因和基础^[2],是农业技术的重要载体,在农业生产中具有不可替代的作用,也是玉米实现丰产的最重要的物质基础^[3-5]。玉米的产量与品质直接受到种子质量的影响^[4],高活力的玉米种子抗逆性强、耐储存、发芽势与出苗整齐度高^[6],具有更显著的产量提升潜力及生长优势,是玉米获得丰产稳产的重要前提和高效农业得以实现的先决条件^[2,7]。种子活力能够衡量种子萌发后幼苗所具有的快速生长能力的大小,可用来作为田间条件下评价种子快速出苗并健康长成整齐幼苗的潜在指标^[8]。种子活力既受内部遗传基因的影响,又受栽培措施、气候条件、种子贮藏条件、机械损伤程度、收获时期以及种子成熟度等外部环境条件影响^[4,6]。成熟度是鉴定玉米种子质量优劣的关键指标,授粉后不同时期收获的籽粒成熟度对其活力有极显著影响^[9],种子采收过早,干物质积累少,采收过晚,易霉变变质或穗

发芽,均会对种子活力产生一定影响^[10]。张自阳等研究认为,小麦种子活力随着其成熟度的提高而增加^[11];张建成等研究发现,高成熟度花生种子的活力也较高,并且发芽迅速、整齐^[12];张桂莲等对不同成熟度水稻种子的萌发及生理特性进行研究发现,随着种子成熟度的增加,活力指数逐渐提高^[13]。目前,研究者关于成熟度对玉米种子活力及其幼苗生长特性影响的相关研究仍然不足,邢妍妍等认为,授粉后 15 d 采收的种胚虽然具有一定的萌发能力,但萌发率很低^[14]。石海春等分析不同成熟度玉米种子活力的差异发现,授粉后 35~50 d 采收的不同成熟度种子的发芽率均超过 95%,种子活力受其极显著影响^[4]。而尼日利亚学者 Owolade 等研究发现,玉米在杂交种抽雄后 40~45 d 采收,种子发芽率可达最大值^[15]。李爱玲等在低温冷凉区研究了春季杂交制种时授粉后 55~61 d 采收种子能够获得高活力和幼苗生长量^[16]。本研究以种子活力、幼苗生长的变化为切入点,研究玉米种子活力及幼苗生长特性对其生长发育过程中不同成熟度的响应,以期为一一年多繁多年用种及海南南繁加代明确收获适宜时期、种子的加工贮藏及杂交制种提供理论依据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验安排在驻马店市农业科学院试验站,该区的地理位置为 114°02'E、32°98'N,海拔 74 m,属于亚

收稿日期:2021-03-01

基金项目:河南省重大科技专项(编号:161100110500-0108);河南现代玉米产业技术体系驻马店综合试验站建设项目(编号:Z2019-02-04)。

作者简介:许海涛(1974—),男,河南上蔡人,副研究员,主要从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:xuht0101@126.com。

通信作者:王成业,研究员,主要从事玉米遗传育种与栽培技术研究。E-mail:13513865035@126.com。

热带区向暖温带区过渡地带,是典型的季风性大陆性半湿润气候。前茬种植小麦,土质为黏壤,地势较平坦,排灌设施完备,采用机井喷灌。

1.2 试验材料

玉米材料为驻马店市农业科学院玉米研究所选育的玉米杂交种驻玉 216 的母本 9058by、父本驻 16。肥料种类为北京金六丰生产的贵福牌复合肥, N : P₂O₅ : K₂O = 29 : 5 : 6, 总养分含量 ≥ 40%。施肥量为 750 kg/hm²。

1.3 试验设计

试验按随机区组排列,行长 8 m,行距 0.67 m,株距 20 cm,母本 9058by 种植 6 行,父本驻 16 种植 2 行,3 次重复,母本、父本的小区面积分别为 32.16、10.72 m²。2019 年 6 月 13 日按标尺标点进行同期人工点播,6 月 20 日出苗,及时间苗、定苗,留苗密度为 6.75 万株/hm²。复合肥料播种前一次性施入作为底肥。试验管理同大田生产,及时除草,旱浇涝排,在大喇叭口期、灌浆期要及时防治蚜虫与玉米螟。在抽雄散粉前将各小区母本全部去掉雄穗,在母本雌穗吐丝前选取生长基本一致、无病健壮、株型相同的植株,全部用羊皮纸袋套雌穗以避免串粉。待母本花丝完全吐丝后,收集父本花粉后统一集中进行人工杂交授粉,挂牌记录授粉日期。授粉 30 d 起收获 10 个杂交果穗,每隔 5 d 收获 1 次,直到完全成熟,将收获的果穗剥除苞叶后于室外自然晾晒风干,待籽粒含水量降至 13% 左右时进行人工脱粒,将成熟度不同的玉米种子保存备用。

1.4 测定项目与方法

按照农作物种子检验规程^[17],采用沙培法进行标准发芽试验,分析玉米种子的活力,选用 2 cm 孔径筛选得到无污染的细沙,用清水洗净后进行高温灭菌(160 ℃, 3 h),在标准发芽盒底部铺平厚度为 3 cm 的细湿沙,每个处理分别选取完整无损伤的种子 400 粒,设 4 次重复,每个重复设 100 粒种子。将备播种子均匀播种至沙床上,表面再覆盖 2~3 cm 湿沙,置于 25 ℃ 恒温光照培养箱中,在光—暗周期 12 h—12 h 的条件下交替培养^[4,18],分别统计第 3 天、第 7 天的发芽种子数,计算发芽势、发芽率。幼苗生长至 2 展叶时,选取 10 株有代表性的正常幼苗,测定苗长、根长、根条数,然后置于烘箱中(105 ℃, 2 h)杀青后降至 60 ℃ 烘干至恒质量,冷却后按照以下公式测定幼苗的平均根部干质量、冠部

干质量,计算活力指数、根冠比:

$$\text{发芽势} = (3 \text{ d 内发芽种子粒数} / \text{供试种子粒数}) \times 100\% ;$$

$$\text{发芽率} = (7 \text{ d 内发芽种子粒数} / \text{供试种子粒数}) \times 100\% ;$$

$$\text{活力指数} = \text{发芽率} \times \text{幼苗干质量}^{[8]} ;$$

$$\text{根冠比} = \text{根部干质量} / \text{冠部干质量}^{[6]} .$$

抗冷性发芽试验:在发芽盒内铺厚度为 3 cm、最大持水量达 40% 的沙土混合物(沙土质量比为 1 : 1),各处理选取完整无损伤的自然风干玉米籽粒 300 粒(3 次重复,每个重复设 100 粒)均匀撒播在发芽盒表面,再覆盖 2 cm 沙土混合物,于 10 ℃ 低温条件下培养 7 d 后,再在 25 ℃ 条件下培养 7 d,统计冷发芽率。

2020 年 5 月 30 日在驻马店市农业科学试验站将不同处理的玉米籽粒足墒播种于试验田内,设 3 次重复,每个重复均为 200 粒种子,以幼苗胚芽鞘出土 2 cm 为标准调查出苗数,并按下式计算出苗率:

$$\text{出苗率} = (\text{出苗株数} / \text{供试种子粒数}) \times 100\% .$$

2 结果与分析

2.1 玉米籽粒发芽势、发芽率及冷发芽率对其成熟度的响应

由图 1 可以看出,授粉后 30 d 的玉米籽粒均具有一定活力,并且随着授粉后时间的增加,种子也渐渐发育成熟,玉米籽粒发芽势、发芽率、冷发芽率随着成熟度的增加呈现升高的趋势,在授粉 45 d 达到最高水平,随后略有降低,说明成熟度越高的籽粒,其种子活力也较高。籽粒发芽势、发芽率、冷发芽率在授粉后 30~55 d 的变化幅度分别为 82.17%~87.44%、89.61%~93.80%、83.50%~90.14%,授粉后 30 d 时已经具有一定的发芽水平,其籽粒发芽势、发芽率、冷发芽率最低分别为 82.17%、89.61%、83.50%。而在授粉后 35、40、45、50、55 d,玉米籽粒发芽势分别比授粉后 30 d 提高了 2.65、4.33、5.27、2.92、4.61 百分点、发芽率分别提高了 1.42、2.65、4.19、1.04、2.23 百分点、冷发芽率分别提高了 3.29、5.72、6.64、6.18、6.37 百分点。玉米籽粒的发芽势、发芽率、冷发芽率在授粉后 45 d 达到最大值,分别为 87.44%、93.80%、90.14%,分别比授粉后 30 d 提高了 6.41%、4.68%、7.95%,但是不同成熟度种子的冷发芽率均低于标准发芽率,说明低温冷害降低了不同成熟度籽粒的发芽率。

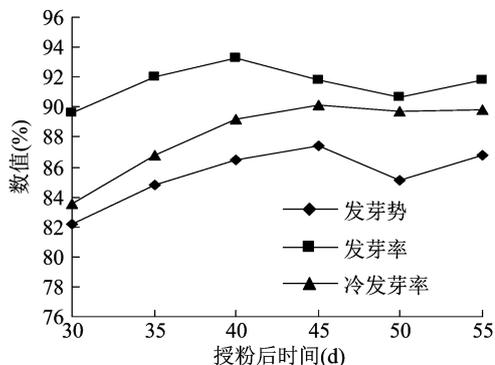


图1 玉米籽粒发芽势、发芽率、冷发芽率对其成熟度的响应

2.2 玉米籽粒活力指数对其成熟度的响应

由图2可知,在授粉后30~55 d收获的玉米籽粒成熟度对其活力指数均产生显著影响,活力指数随着玉米籽粒成熟度的增加而呈现直线上升的趋势。经模拟,玉米籽粒活力指数与其成熟度呈直线线性关系($y = 2.254 3x + 4.693 3, r^2 = 0.851 6$)。授粉后30 d的活力指数最低,为5.4,授粉后50 d的活力指数达到高峰,为14.6,授粉后40、45、50、55 d的籽粒活力指数均达到10以上,明显高于其他不同成熟度的籽粒,与授粉后30 d的活力指数相比,分别提高了105.56%、155.56%、170.37%、157.41%。可以看出,授粉后的时间平均每增加1 d,其籽粒的活力指数平均升高0.19。

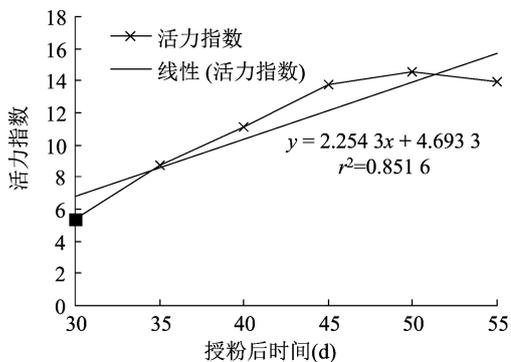


图2 玉米籽粒活力指数对其成熟度的响应

2.3 玉米幼苗苗长、根长、根条数对籽粒成熟度的响应

由图3可以看出,在授粉后不同时期收获的籽粒成熟度对苗长、根长、根条数幼苗生长指标均产生明显影响,苗长、根长、根条数在授粉后20 d时最低,且随籽粒成熟度的提高而呈现升高趋势,在授粉后50 d达到最大值,分别为15.36 cm、16.63 cm、14.1条,与授粉后30 d时相比分别提高了21.81%、21.48%、93.15%,授粉50 d后均略有降低。由图3还可以看出,籽粒成熟度对其幼苗生长

的影响与其对活力指数的影响基本一致,根长、苗长、活力指数均在授粉后50 d达到高峰。授粉后30~55 d的幼苗苗长为12.61~15.36 cm,授粉后35、40、45、50、55 d时的幼苗苗长分别比授粉后30 d时的幼苗苗长增加了7.69%、3.89%、13.16%、21.81%、1.82%,授粉后收获时间每增加1 d,幼苗苗长平均增加0.14 cm。在授粉后30~55 d,幼苗根长为13.69~16.63 cm,授粉后35、40、45、50、55 d时的幼苗根长分别比授粉后30 d时的幼苗根长增加了10.66%、8.69%、19.36%、21.48%、14.68%,授粉后收获时间每增加1 d,幼苗根长平均增加0.15 cm。在授粉后30~55 d,幼苗根数为7.3~14.1条,在授粉后35、40、45、50、55 d,幼苗根数分别比授粉后30 d时的幼苗根数增加了71.23%、78.08%、89.04%、93.15%、90.41%,授粉后收获时间每增加1 d,幼苗根数平均增加0.34条。

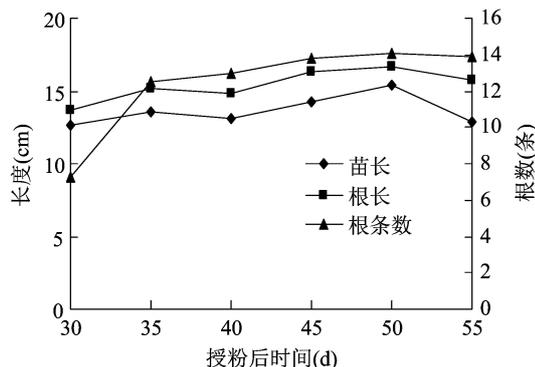


图3 玉米幼苗苗长、根长及根条数对籽粒成熟度的响应

2.4 玉米幼苗根冠比对籽粒成熟度的响应

由图4可以看出,玉米幼苗根冠比的变化与授粉后不同时期收获籽粒的成熟度有直接联系,授粉后30 d的幼苗根冠比最低,且随授粉时间的增加而升高,在授粉后45 d达到最大值,之后略有下降。由于收获成熟度较高的籽粒积累的物质可能较多,从而利于幼苗根系的生长,导致授粉后40 d起幼苗的根数、根长增加,进而影响到幼苗根部与冠部分配的变化,根冠比明显高于授粉后30~35 d。在授粉后35、40、45、50、55 d,幼苗根冠比与授粉后30 d时相比分别提高了21.87%、40.63%、56.25%、31.25%、43.75%,可见授粉35 d后收获的籽粒有利于幼苗根部与冠部的协调生长。

2.5 玉米出苗率对籽粒成熟度的响应

由图5可以看出,因授粉后收获时间不同,收获的籽粒成熟度产生差异而使玉米出苗率产生显著变化,玉米出苗率随着籽粒成熟度的增加而呈现直

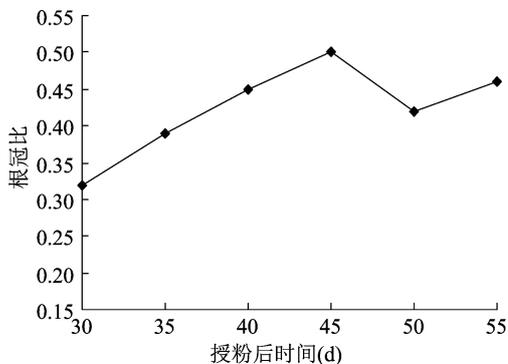


图4 玉米幼苗根冠比对籽粒成熟度的响应

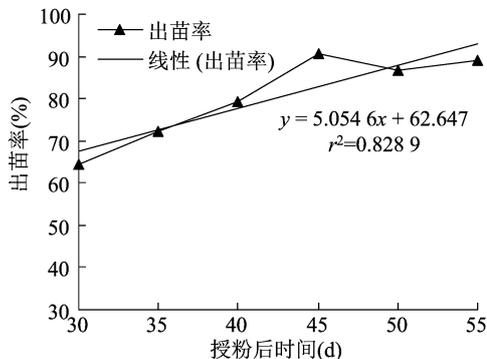


图5 玉米出苗率对籽粒成熟度的响应

线上升的趋势。经模拟,玉米出苗率与其成熟度呈现直线型关系,方程为: $y = 5.054 6x + 62.647$, $r^2 = 0.828 9$ (x 为授粉后天数, y 为回归模拟的出苗率估计值)。在授粉后前期收获的籽粒成熟度较低,籽粒抵抗逆境能力较弱,玉米授粉后 30 d 的出苗率最低,为 64.57%,玉米授粉后 40 d 的出苗率升高较快,达到 79.13%,授粉后 45 d 达到高峰,为 90.75%,之后稳定在 85% 以上。授粉后 35 ~ 55 d,玉米出苗率与授粉后 30 d 相比分别增加了 7.51%、14.56%、26.18%、21.99%、24.37 百分点,授粉后收获时间每增加 1 d,出苗率平均增加 0.93 百分点。

3 结论与讨论

玉米种子活力随着籽粒发育、体内贮藏物质的积累而逐渐成熟,籽粒发芽率及活力也渐渐提升^[19]。本研究在授粉后 30 d 起每隔 5 d 收获,对不同成熟度的种子进行发芽、幼苗生长及田间出苗率的测定,抗冷性发芽试验也同时进行。结果表明,随着授粉后时间的增加,种子活力逐渐升高,发芽势、发芽率在授粉后 40 d 达到最高值,冷发芽率在授粉后 45 d 达到最高值,而活力指数则在授粉后 50 d 达到最大值,主要由于发芽率虽然有所降低,但幼苗苗长、根长、根条数继续增加,幼苗生长势没

有降低,活力指数高峰期相对应授粉后收获时间也相应增加,本试验结果与前人研究^[9,18-19]基本一致,说明玉米籽粒发芽率及活力指数随成熟度的提高相应也高,但达到最高峰的时间不一定是在籽粒完全生理成熟时,生理成熟前就可达到。不同成熟度种子的冷发芽率均低于标准发芽率,说明低温冷害明显降低了不同成熟度籽粒的发芽率,授粉后 30 d 采收的种子冷发芽率为 83.50%,比标准发芽率降低了 6.11 百分点,随着授粉后收获时间的延迟,籽粒成熟度不断提高,籽粒的抗冷性也伴随增加,标准发芽率达最高值 93.26%,相对应的籽粒冷发芽率为 89.22%,比标准发芽率降低了 4.04 百分点。与郝楠的试验结果^[2]相同,说明低温能够明显降低籽粒发芽率,这可能由于低温削弱了玉米籽粒体内一些消化酶的活性,减缓了贮藏物质的分解,进而造成籽粒萌发需要供给的物质及能量不足,致使发芽率下降。

授粉后灌浆前期收获的籽粒成熟度较低,籽粒抵抗逆境的能力较弱,授粉后 30 d 的出苗率最低,为 64.57%,授粉后 40 d 的出苗率升高较快,达到 79.13%,授粉后 45 d 的出苗率达到高峰,为 90.75%,之后稳定在 85% 以上。田间出苗率均低于相同成熟度籽粒的标准发芽率,更能显示不同成熟度籽粒活力的大小。授粉后 30 d,幼苗的根冠比最低,且随授粉时间的增加而升高,在授粉后 45 d 达最大值,之后略有下降。在授粉 45 d 后收获的籽粒成熟度较高,积累的物质较多,从而有利于幼苗根系的生长,导致根条数、根长增加,进而影响幼苗根部与冠部分配变化,明显高于授粉后 30 ~ 45 d 收获的籽粒根冠比,说明在玉米一年扩繁多年用制种及海南进行南繁加代时应在授粉后 45 ~ 50 d 收获,根冠生长协调,籽粒成熟度高,能够确保籽粒质量,保证种子出苗率和幼苗生长优势。

参考文献:

- [1]任仰涛,金彦刚,李珍富,等. 种植密度对玉米瑞华 968 产量及生理特性的影响[J]. 安徽农学通报,2017,23(7):43-44,65.
- [2]郝楠,李明月,王建华,等. 辽宁制种基地玉米杂交种种子收获期与种子活力关系[J]. 玉米科学,2017,25(2):94-99.
- [3]顾日良,王永强,杨丽维,等. 不同成熟度京科 968 种子活力与种子物理化学特性的关系研究[J]. 玉米科学,2018,26(3):56-62.
- [4]石海春,柯永培,傅体华,等. 不同成熟度玉米种子活力的差异性研究[J]. 四川农业大学学报,2006,24(3):269-270.
- [5]王淑英,樊廷录,王建华,等. 不同收获期玉米杂交种种子活力研究[J]. 玉米科学,2015,23(3):80-85.

袁国印,宋航,郇威威,等. 稻麦轮作下长期秸秆还田和钾肥施用后效对水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 江苏农业科学,2021,49(19):117-122.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2021.19.021

稻麦轮作下长期秸秆还田和钾肥施用后效 对水稻产量和土壤肥力的影响

袁国印^{1,2}, 宋航^{1,2}, 郇威威^{1,2}, 卢殿君^{1,2}, 陈小琴^{1,2}, 王火焰^{1,2}

(1. 中国科学院南京土壤研究所/土壤与农业可持续发展国家重点实验室, 江苏南京 210008;

2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要:为研究秸秆还田后效对土壤肥力和作物产量的影响,在稻麦轮作下开展了长期钾肥施用和秸秆还田的田间试验,设置了秸秆不还田和不施用钾肥(CK)、秸秆还田(SR),只施用钾肥(K),秸秆还田和配施适量的钾肥(SR+K)。结果表明:与CK相比,经过秸秆还田(SR+K、SR)和施用K的处理水稻产量分别提高了17.83%、9.39%和7.96%;秸秆还田处理和钾肥处理的产量无显著差异;SR+K处理的水稻秸秆氮磷钾含量分别显著增加了78.9%、38.5%、152.8%,养分吸收量分别增加41.4%、49.2%和159.2%,氮肥偏生产力提高了17.87%;秸秆还田(SR+K、SR)的土壤,有机质、全氮、速效钾含量均显著增加,K处理的土壤养分没有显著变化。可知,对于粉沙壤水稻土,长期秸秆还田配施适量钾肥,可以维持土壤肥力,提高作物产量和提高氮肥的利用效率。

关键词: 秸秆还田; 水稻产量; 养分含量; 土壤肥力; 氮肥偏生产力

中图分类号: S511.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2021)19-0117-06

钾素是作物生长过程所需的大量元素之一,在作物的产量形成和品质提升方面起着重要的作用。近些年来,氮磷肥的大量施用使作物产量大幅度提

高,同时作物对土壤钾素的消耗量也逐渐增多。由于长期少施或者不施钾肥,致使土壤钾素长期处于匮乏状态,且土壤缺钾的程度逐渐加深。近年来,施用钾肥促进作物生长的效果日益显著,增施钾肥成为提高产量的重要措施之一^[1-2]。5年的定位试验表明,钾肥施用显著提高了早晚稻产量,并能促进水稻植株对钾素的吸收和积累,而连续不施钾肥,导致土壤亏缺程度逐年加重^[3]。

随着复种指数的增加,产量增加的同时作物结

收稿日期:2021-03-07

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD02009,2018YFD0200901);

国家自然科学基金青年科学基金(编号:41907075)。

作者简介:袁国印(1985—),男,河南开封人,博士研究生,主要从事水稻和小麦高效施肥相关研究。E-mail:guoyin0310@163.com。

通信作者:王火焰,博士,研究员,主要从事作物养分管理相关研究。

E-mail:hywang@issas.ac.cn。

[6]吴地,卢石圣,陈德健,等. 不同收获期对甜糯玉米杂交种及其亲本种子活力和幼苗长势的影响[J]. 种子,2019,38(6):111-114.

[7]余宇安,王铁固,陈士林. 玉米种子活力田间测定及其遗传分析[J]. 玉米科学,2010,18(4):18-22.

[8]周海宁,雷志刚,韩登旭,等. 玉米杂交种种子活力与成熟度关系[J]. 玉米科学,2016,24(3):110-116.

[9]樊廷录,王淑英,王建华,等. 河西制种基地玉米杂交种种子成熟期与种子活力的关系[J]. 中国农业科学,2014,47(15):2960-2970.

[10]王仪春,梁帅强,王云华,等. 收获期对糯质玉米种子活力及呼吸代谢的影响[J]. 浙江农业学报,2016,28(6):910-914.

[11]张自阳,朱俊华,程媛,等. 不同成熟度小麦种子活力及其与生理性状的相关性研究[J]. 河南农业科学,2014,43(12):6-9.

[12]张建成,王辉. 不同成熟度花生种子发芽率及活力差异性研究[J]. 种子,2005,24(1):3-4.

[13]张桂莲,杨定照,张顺堂,等. 不同成熟度对水稻种子萌发及其

生理特性的影响[J]. 植物生理学报,2012,48(3):272-276.

[14]邢妍妍,董树亭,高荣岐. 水分对玉米种子萌发调控的研究[J]. 玉米科学,2008,16(1):86-90.

[15]Owolade O F, Alabi B S, Enikuomohin O A, et al. Effect of harvest stage and drying methods on germination and seed-borne fungi of maize (*Zea mays* L.) in South West Nigeria[J]. African Journal of Biotechnology, 2005, 4(12):1384-1389.

[16]李爱玲,马云国,杨明凯,等. 不同收获期对玉米杂交种齐单1号种子活力的影响[J]. 山东农业科学,2014,46(12):34-37.

[17]国家技术监督局. 农作物种子检验规程[M]. 北京:中国标准出版社,1995:21-26.

[18]卢柏山,史亚兴,徐丽,等. 不同收获期糯玉米杂交种的种子萌发和幼苗生长[J]. 贵州农业科学,2015,43(11):47-51.

[19]孙群,王建华,孙启启. 种子活力的生理和遗传机理研究进展[J]. 中国农业科学,2007,40(1):48-53.