

郑雅璐,薛小雁,仇永康,等. 小麦种子活力测定方法的比较[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):61-64.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.015

小麦种子活力测定方法的比较

郑雅璐,薛小雁,仇永康,郑锦娟,张莉莉,王军卫,牛娜,张改生,马守才

(西北农林科技大学/国家杨凌农业生物技术育种中心/国家小麦改良中心杨凌分中心/小麦育种教育部工程研究中心/陕西省作物杂种优势研究与利用重点实验室,陕西杨凌 712100)

摘要:种子是生物繁衍循环的重要器官,为探究测定小麦种子活力的适宜方法,以5个小麦常规品种西农889、小偃22、西农2611、矮抗58、周麦18和1个杂交品系西杂13为材料,采用标准发芽试验、加速老化试验以及测定电导率、幼苗生长情况、吸光度、模拟田间出苗率等6种方法,对小麦种子的发芽势、发芽率,及幼苗干质量、种子活力指数、根长、苗长、电导率、吸光度等活力指标进行测定,并分析各活力指标与模拟田间出苗率间的相关性。结果表明,矮抗58、西农889、西农2611种子活力较高,西杂13种子活力最低;标准发芽势、标准发芽率应用具有局限性,不能作为评估小麦种子活力及其田间成苗能力的活力指标;各小麦基因型间种子活力水平存在明显差异;模拟田间出苗率与标准幼苗干质量、标准简化活力指数、苗长、老化发芽势呈显著或极显著正相关,与电导率、相对电导率、 $D_{260\text{nm}}$ 呈显著负相关。由结果可知,这些指标是可以用来评估小麦种子的活力和田间成苗能力的。

关键词:小麦;种子活力;老化;电导率;光密度

中图分类号: S512.101 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0061-03

小麦是人类种植较早的粮食作物之一,其总产量和总播种面积均居世界第一^[1]。在我国,小麦是重要的生产资料和食物来源,在粮食安全中占有重要地位。同时,小麦还具有较好的耐储藏性,是我国长期储备粮食之一。高活力种子成熟度好、颗粒饱满、耐贮性高、分蘖强、生长健壮、出苗整齐、抗逆性强^[2-3],且生物产量可以提高10%^[4],也可以减少播种量^[5],实现精量播种,而低活力种子易造成减产。随着贮藏年限的延长,小麦种子内部会发生一系列变化,结构与功能也会受到损害,种子生活力、活力等逐渐降低甚至失去活力^[6-8]。种子老化不但影响幼苗生长、发芽率,还不利于种质资源保存、利用、开发^[9],因此研究小麦种子的活力和测定方法具有非常重要的生产实践意义。

种子活力受外界环境和遗传因子影响,是综合性状^[10-12],其中遗传因子起决定性作用^[13]。测定种子活力的方法已有较多报道,但每种方法仅能反映种子活力的某些方面变化。种子在高温高湿和自然条件下的老化机制一致,只是前者的老化速度较快^[14-17]。因此,人工加速种子老化试验适用于多种作物的种子活力测定。发芽试验和幼苗生长测定因其重复性好、简单易行等优点已被列入美国官方种子分析协会(Association of Official Seed Analysts,简称AOSA)和国际种子检验协会(International Seed Testing Association,简称

ISTA)手册。测定电导率也是检测种子活力的有效方法之一,通常种子活力与浸出液电导率、相对电导率呈负相关,但也有研究表明,种子活力与电导率呈正相关^[18]。迄今为止,这些种子活力的测定方法对小麦种子活力测定的适宜性并无报道。本试验以6个小麦品种(系)为材料,采用6种不同的种子活力测定方法,旨在比较不同品种(系)小麦种子活力的差异及其原因,探讨小麦种子活力测定的适宜方法,为小麦种子的生产、贮藏和检验提供理论依据。

1 材料与与方法

1.1 材料

供试小麦品种(系)6个。其中5个常规品种:西农889、小偃22、西农2611、矮抗58、周麦18。1个杂交小麦品系:西杂13。种子均由陕西省作物杂种优势研究与利用重点实验室提供。

1.2 试验方法

1.2.1 标准发芽试验 参照陈士林的发芽方法^[19]进行发芽试验。在发芽盒中铺3层滤纸,加入适量蒸馏水,将种子置于滤纸上,移入培养箱中,在光照12 h/d、温度20℃的条件下记录种子的发芽情况。每个品种(系)取50粒,重复3次。计算标准发芽势、标准发芽率、标准幼苗干质量、标准简化种子活力指数。相关公式:发芽势=(第3天正常发芽的种子数/供试种子数)×100%;发芽指数= $\sum(G_i/D_i)$,其中 D_i 为发芽时间,d; G_i 为与 D_i 对应的每天发芽种子数,粒;活力指数=7 d时正常幼苗鲜质量×发芽指数。

1.2.2 加速老化试验 参照颜启传的方法^[20]进行加速老化试验。在老化盒底部加入125 mL蒸馏水,安装网架。每个小麦品种(系)取50粒,重复3次,分别均匀平铺在网架上,盖上盒盖密封,放入老化箱中,在41℃、100%相对湿度下处理72 h,取出风干后进行标准发芽试验。计算老化发芽势、老化

收稿日期:2016-03-31

基金项目:国家公益性行业(农业)科研专项(编号:201303002);国家科技支撑计划(编号:2015BAD27B01);陕西省科技统筹创新工程(编号:2014KTZB02-01-02);西北农林科技大学唐仲英育种基金(编号:A212021204)。

作者简介:郑雅璐(1989—),女,黑龙江绥化人,硕士,主要从事小麦杂种优势利用研究。E-mail:1368937100@qq.com。

通信作者:马守才,博士,副教授,硕士生导师,主要从事小麦杂种优势利用与种子工程研究。E-mail:mashoucai@sohu.com。

发芽率、老化幼苗干质量、老化简化活力指数。

1.2.3 电导率测定 每个小麦品种(系)25粒,重复3次,称其质量(g)后用蒸馏水洗净,滤纸吸干残留水分。将种子放入250 mL烧杯中,加125 mL去离子水,测定初始电导率 d_1 ;在20℃光照培养箱中放置24 h,取出锥形瓶摇动使溶液均匀一致,测定浸泡液电导率 d_2 ;然后将锥形瓶置于100℃水浴锅中煮沸30 min,用电导率仪测定浸出液电导率 d_3 。分别按以下公式计算电导率、相对电导率、绝对电导率:

$$\text{电导率} = (d_2 - d_1) / m;$$

$$\text{相对电导率} = (d_2 - d_1) / (d_3 - d_1) \times 100\%;$$

$$\text{绝对电导率} = \text{电导率} / \text{相对电导率}。$$

1.2.4 幼苗生长测定 取3张滤纸,在其中1张纸上画1条中心线,每隔1 cm标注1个点,共25个点,在每个点上放1粒种子(用无毒胶水固定),胚根朝向纸卷底部,重复3次。上面盖2层润湿的滤纸,将纸卷成筒状,用皮筋扎住,竖直放在底部有水的大烧杯中,在20℃恒温箱中黑暗培养7 d,统计根长和苗长。

1.2.5 吸光度测定 在250 mL烧杯中放入形态完整的50粒种子,25℃培养箱中培养24 h后混匀。从浸种烧杯中吸取

1 mL浸出液注入比色杯,以蒸馏水作空白对照,在260 nm吸收波长下用紫外分光光度计测定吸光度 $D_{260\text{nm}}$ 。

1.2.6 模拟田间出苗率测定 取大田中水分适宜的土壤,筛选后平铺在发芽盒中,将种子均匀播于土壤上,每个品种(系)50粒种子,重复3次,盖上1 cm厚的土并铺平压实。定期浇水,第7天记录田间出苗率。

1.3 数据分析

采用SPSS 20.0、Excel软件整理分析数据。

2 结果与分析

2.1 不同品种(系)的小麦种子活力水平差异

由表1可知,6个品种(系)的小麦种子活力水平存在明显差异。西农889、西农2611的苗长较长、标准幼苗干质量、模拟田间出苗率较高且2个品种间差异不显著;西农889、矮抗58的标准发芽率较高、根长较长且2个品种间差异不显著;西农889的标准发芽势极显著高于矮抗58,而苗长极显著低于矮抗58。从3种活力测定方法7项指标的总体变化趋势来看,矮抗58、西农889、西农2611种子活力较高,西杂13种子活力最低。

表1 不同品种(系)小麦种子的活力指标差异

品种(系)	标准发芽试验				幼苗生长测定		模拟田间出苗率
	发芽势(%)	发芽率(%)	幼苗干质量(mg/株)	简化活力指数	苗长(cm)	根长(cm)	出苗率(%)
西杂13	73cB	75cC	11.0cC	0.41dC	3.17dC	18.38abA	45cB
周麦18	89abAB	93abAB	16.8abAB	0.78bAB	3.98cdBC	16.77bA	79abA
小偃22	80bcB	85bBC	15.0bB	0.64cB	4.53bcBC	16.38bA	69bA
西农889	99aA	100aA	18.0aAB	0.94abA	5.65bB	19.91aA	78abA
西农2611	81bcB	95aAB	17.6aAB	0.83abAB	5.68bB	18.55abA	83abA
矮抗58	73cB	99aA	19.0aA	0.94aA	7.41aA	19.37aA	90aA

注:同列数据后标有不同的大写、小写字母分别表示在0.01、0.05水平上差异显著($P < 0.01$ 、 $P < 0.05$)。表2、表3同。

2.2 不同品种(系)的小麦种子生理生化指标与种子活力的关系

由表2可知,6个小麦品种(系)的电导率、绝对电导率、相对电导率、 $D_{260\text{nm}}$ 差异明显。其中,6个小麦品种(系)间的电导率、相对电导率、 $D_{260\text{nm}}$ 的变化趋势基本一致,西农2611的绝对电导率表现不同于其他指标。进一步的相关分析也表明,绝对电导率与模拟田间出苗率间相关性不显著($r = -0.493$)。从电导率、相对电导率和 $D_{260\text{nm}}$ 的整体变化趋势上来看,矮抗58、西农889、西农2611的种子活力较高,西杂13的种子活力最低。

2.3 不同品种(系)小麦种子的耐贮性

由表3可知,6个小麦品种(系)的老化发芽势、老化发芽率、老化幼苗干质量、老化简化活力指数4个指标与标准发芽试验相比都有不同程度下降,表明不同小麦品种(系)的耐贮

性能差异明显。其中西杂13的老化发芽势、老化发芽率、老化幼苗干质量和老化简化活力指数下降的幅度最大,耐贮能力最弱,与对照相比分别下降79%、63%、80%、93%。西农889、西农2611在老化发芽势、老化发芽率、老化幼苗干质量、老化简化活力指数间差异不显著,且指标下降幅度均较小,表明其耐贮能力较强,活力较高。

表2 小麦种子电导率、吸光度与小麦种子活力的关系

品种(系)	电导率($\mu\text{S}/\text{m}$)	绝对电导率	相对电导率(%)	$D_{260\text{nm}}$
西杂13	20.97aA	52.49aA	39.95aA	0.79aA
周麦18	18.46aAB	51.29aA	35.99abAB	0.68bAB
小偃22	13.44cBC	39.79bB	33.77abcAB	0.54cBC
西农889	11.94dCD	35.53bcBC	33.61bcABC	0.41dCD
西农2611	10.76dCD	46.00cdAB	23.39dC	0.42dCD
矮抗58	10.53dD	38.56dC	27.31cdBC	0.38dD

表3 不同品种(系)小麦种子的抗老化水平

品种(系)	老化发芽势(%)	比标准发芽势降低(%)	老化发芽率(%)	比标准发芽率降低(%)	老化幼苗干质量(mg/株)	比标准幼苗干质量降低(%)	老化简化活力指数	比标准简化活力指数降低(%)
西杂13	15bB	79	28bB	63	2.2cD	80	0.03dC	93
周麦18	23bB	74	42bB	55	5.0cCD	70	0.10cdC	87
小偃22	19bB	76	45bB	47	8.8bBC	41	0.19cBC	70
西农889	44aA	56	69aA	31	15.6aA	13	0.53aA	44
西农2611	51aA	37	79aA	17	15.4aA	13	0.61aA	27
矮抗58	47aA	36	67aA	32	10.4bB	45	0.36bB	62

2.4 不同测定方法的小麦种子活力指标与模拟田间出苗率的相关性

标准发芽试验、加速老化试验、电导率测定、幼苗生长测定、吸光度测定等5种方法的14项种子活力指标与模拟田间出苗率的相关分析表明,苗长、老化发芽势、标准简化活力指

表4 不同方法测定小麦种子活力指标与模拟田间出苗率的相关性

$D_{260\text{ nm}}$	加速老化试验				幼苗生长测定		电导率测定			标准发芽试验			
	老化发芽势	老化发芽率	老化简化活力指数	老化幼苗干质量	苗长	根长	电导率	相对电导率	绝对电导率	发芽势	发芽率	简化活力指数	幼苗干质量
-0.812*	0.928**	0.696	0.696	0.609	0.899*	0.551	-0.899*	-0.841*	-0.493	0.088	0.754	0.899*	0.899*

注:“*”“**”分别表示在0.05、0.01水平上显著相关。

3 讨论

种子活力是检验小麦种子质量的重要指标之一,在很大程度上是由基因决定的^[11]。本研究结果表明,6个不同基因型的小麦种子各活力性状间均存在明显差异,说明基因型对种子活力起着主导作用。这与佟汉文等的研究结果^[21]一致。周麦18的标准发芽势、标准发芽率与苗长、老化发芽势、老化发芽率、电导率等指标所反映的活力状况不同,说明衡量种子活力的指标不同,所反映的种子活力状况也不完全一致。其原因一方面可能与种子活力指标的灵敏性有关,另一方面还可能与种子生长发育环境、贮藏条件等因素有关。

种子发芽率是国家种子质量标准中规定的4项指标之一,影响着小麦田间出苗率。研究指出,即使发芽率很高,种子活力也不一定高^[22]。本研究结果表明,种子的标准发芽势、标准发芽率与模拟田间出苗率间存在正相关,但不显著,说明标准发芽势、标准发芽率不能用来评估小麦种子活力及其田间成苗能力,其应用有局限性。主要原因可能是标准发芽试验的最适温度、水、光等萌发条件并不能反映复杂的田间条件变化。但也有研究结果表明,枫杨种子和草坪草种子的标准发芽率与田间出苗率呈极显著正相关^[23-24]。由此可见,适合评价这些作物种子活力的标准发芽率指标并不适合评价小麦种子的活力。幼苗干质量、简化活力指数是种子发芽率指标的深化,能更好地衡量种子活力水平,本研究的标准幼苗干质量、标准简化活力指数与模拟田间出苗率呈显著正相关,适合评估小麦种子活力的变化。

加速老化试验用于预测种子忍受逆境(高温、高湿)的能力和耐贮藏潜力,被国际种子检验协会(ISTA)、美国官方种子分析协会(AOSA)推荐用于评价各类作物种子的活力,研究表明,老化后的种子发芽率与田间出苗率呈显著正相关^[24]。本研究老化发芽势与模拟田间出苗率呈极显著正相关($r=0.928$),与前人在甜玉米中的研究结果^[25]一致。本研究参试小麦种子中,矮抗58、西农2611、西农889在41℃、100%相对湿度的老化条件下种子活力相对稳定,表现出较好的耐贮性能。

种子浸出液的电导率,可间接反映膜系统的完整性,能够间接地评价种子质量和耐贮性,并且是一种简易、快速的活力测定方法,适用于大豆、烟草、玉米等种子^[26-28]的活力测定。电导率与种子田间出苗率之间呈极显著负相关^[29]。本研究结果表明,电导率、相对电导率与模拟田间出苗率呈显著负相关($r=-0.899$ 、 -0.841),与上述结果一致。种子浸出液的电解质(如氨基酸、有机酸、糖及其他离子)的浓度也可以利

数、标准幼苗干质量4个指标与模拟田间出苗率呈显著或极显著正相关;电导率、相对电导率、 $D_{260\text{ nm}}$ 3个指标与模拟田间出苗率呈显著负相关(表4),表明这些指标可以用来评估小麦种子活力和田间成苗能力。

用吸光度来体现,因此该方法也能反映膜系统的完整性。 $D_{260\text{ nm}}$ 、电导率、相对电导率3个指标与模拟田间出苗率呈显著负相关,说明电导率测定和吸光度测定对小麦种子活力评价的结果。

总之,标准幼苗干质量、标准种子活力指数、苗长、老化发芽势、电导率、相对电导率、 $D_{260\text{ nm}}$ 均可用于评估小麦种子活力及其田间成苗能力,但选用的种子活力指标还应根据具体试验条件而定。结果表明,采用老化发芽势、电导率或相对电导率单一指标或2种指标相结合来评估小麦种子的活力可能更准确、简单易行。

参考文献:

- [1] 杨路加,陈莉. 几种进口小麦的质量比较研究[J]. 粮油食品科技,2009,17(1):1-2.
- [2] Brits G J, Brown N A C, Calitz F J, et al. Effects of storage under low temperature, room temperature and in the soil on viability and vigour of *Leucospermum cordifolium* (Proteaceae) seeds [J]. South African Journal of Botany, 2015, 97:1-8.
- [3] Ventura L, Donà M, Macovei A, et al. Understanding the molecular pathways associated with seed vigor [J]. Plant Physiology Biochemistry, 2012, 60(3):196-206.
- [4] Yamane Y, Kashino Y, Koike H, et al. Effects of high temperatures on the photosynthetic systems in spinach: oxygen-evolving activities, fluorescence characteristics and the denaturation process [J]. Photosynthesis Research, 1998, 57(1):51-59.
- [5] 于金花,张俊生,李剑峰,等. 种子标签中增加发芽势指标的探讨[J]. 中国种业,2006(10):50.
- [6] 刘自刚,张雁,杨亚丽. 小麦种子活力的研究进展[J]. 安徽农业科学,2008,36(1):86-88.
- [7] 董新红,宋明. 种子劣变的原因及其防止与修复[J]. 中国种业,2002(1):39-40.
- [8] 王彦荣,刘友良,沈益新. 种子劣变的生理学研究进展综述[J]. 草地学报,2001,9(3):159-164.
- [9] 卢新雄,曹永生. 作物种质资源保存现状与展望[J]. 中国农业科技导报,2001,3(3):43-47.
- [10] 陈利华,万杉. 不同温度条件下水稻种子活力QTL的定位分析[J]. 武汉植物学研究,2005,23(2):125-130.
- [11] 孙群,王建华,孙宝启. 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.
- [12] Bai B, Sikron N, Gendler T. Ecotypic variability in the metabolic response of seeds to diurnal hydration-dehydration cycles and its relationship to seed vigor [J]. Plant and Cell Physiology, 2012, 53(1):38-52.

何亚男,丁亨,周正霄,等. 小麦/苜蓿间套种植对土壤养分的影响[J]. 江苏农业科学,2017,45(15):64-68.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.016

小麦/苜蓿间套种植对土壤养分的影响

何亚男¹,丁亨²,周正霄²,张晓红¹

(1. 山西师范大学地理科学学院,山西临汾 041000; 2. 山西省临汾市气象局,山西临汾 041000)

摘要:采用大田试验的方法,测定了小麦、苜蓿单播与小麦/苜蓿间套种植3种处理方式下土壤有机质、pH值和氮、磷、钾养分的2 m深度的分层含量及剖面分布特征。各处理土壤有机质剖面分布均呈“S”形,表层0~20 cm土壤有机质含量XD(20 g/kg)略高于其他2个处理,0~60 cm土壤有机质含量XD>XMT>MD,而深层XMT有机质含量却超过了XD(60~100 cm)和MD(150~200 cm),而这可能是小麦与苜蓿间套后进一步促进了深根作物苜蓿深层根系向下分布的有力说明。土壤pH值随深度而增加,通体呈碱性,处理间无显著差异。表层0~20 cm各处理全氮含量间没有显著差异,20~60 cm土层深度内MD和XMT全氮含量极显著高于XD;底层XD速效氮含量占比达全剖面的1/4。小麦套种苜蓿不仅有利于提高20~150 cm深度土壤氮素肥力,同时还可在底层使常规麦田深层土壤氮素流失问题得以减免。经过1个麦季消耗,XMT和XD处理表层土壤速效磷含量接近10 mg/kg,MD只有6.421 0 mg/kg,无论是对小麦来说还是对苜蓿来说都表现为缺磷状态,说明在这3种处理模式生产实践中磷肥的使用都具有必要性和增产的巨大可能性。小麦/苜蓿间套体系中会使全剖面土壤钾素的消耗比例得以优化,故可以少施甚至不施钾肥。

关键词:小麦;苜蓿;间套种;土壤养分

中图分类号: S512.104.7;S158.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0064-05

素有“牧草之王”的紫花苜蓿在改善农作物茬口,病虫害的克制^[1],改善土壤物理性状,提高土壤保水、保肥及供肥能力^[2-3],保护生态环境,提供优质牧草^[4-7],促进农畜和谐发展方面发挥着重大作用,因此将苜蓿与冬小麦套种,将有利于

缓解粮草争田,促成农畜双赢,具有十分远大的前景^[8]。我国曾有过小麦间套作苜蓿获得显著经济效益的研究报道^[9-10];马克争在小麦苜蓿间套种研究中的结果也表明小麦-苜蓿间作通过优化卵形异绒螨、瓢虫和寄生蜂共同组成的天敌组合提高了对小麦主要害虫麦长管蚜的控制效果,从而显著提高了小麦产量^[11]。张晓斌等通过小麦/苜蓿套作生物盆栽试验研究了植物修复PAHs污染土壤的效果、修复风险评估与修复后土壤的农业利用^[12],但是目前我国乃至世界范围内对于小麦间套苜蓿的研究还是很少,而且主要侧重于间套种作物的产量、经济效益和植物修复分析^[13-15],而对间

收稿日期:2016-05-06

基金项目:山西师范大学自然科学基金(编号:2011ZR1117)。

作者简介:何亚男(1990—),女,山西太原人,硕士研究生,主要从事农业生态和土壤学研究。E-mail:1097805959@qq.com。

通信作者:张晓红,博士,副教授,主要从事农业生态和土壤学研究。E-mail:13663473442@163.com。

- [13] Dao P T, Ram H H. Genetics of seed longevity in soybean[J]. *Soybean Science*, 1999, 18(4): 312-317.
- [14] Modarresi R, Rucker M, Tekrony D M. Accelerated aging test for comparing wheat seed vigour[J]. *Seed Science and Technology*, 2002, 30(3): 683-687.
- [15] Delouche J C, Baskin C C. Accelerated ageing techniques for predicting the relative storability of seed lots[J]. *Seed Science and Technology*, 1973, 1(2): 427-452.
- [16] Basra S M A, Ahmad N, Khan M M, et al. Assessment of cottonseed deterioration during accelerated ageing[J]. *Seed Science and Technology*, 2003, 31(3): 531-540.
- [17] Machado N B, Custodio C C, Takaki M. Evaluation of naturally and artificially aged seed of *Phaseolus vulgaris* L. [J]. *Seed Science and Technology*, 2001, 29(1): 137-149.
- [18] 那平山, 张国盛. 不同贮藏年份羊柴种子生活力和活力的研究[J]. *中国草地*, 1993(5): 52-55.
- [19] 陈士林. 玉米种子活力与田间苗期性状相关性研究[J]. *种子*, 2003(4): 35-37.
- [20] 颜启传. 种子学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001.

- [21] 佟汉文, 刘易科, 朱展望, 等. 基因型和环境对小麦种子活力的影响[J]. *麦类作物学报*, 2012, 32(6): 1167-1170.
- [22] 王颖, 马华锋, 陈英侠, 等. 玉米种子发芽率、种子活力与田间出苗率之间的关系[J]. *农业科技通讯*, 2009(9): 109-110.
- [23] 唐强, 宋自力, 徐雯. 枫杨种子活力测定方法研究[J]. *湖南林业科技*, 2011, 38(2): 14-16.
- [24] 张文明, 郑文寅, 姚大年, 等. 草坪草种子活力测定方法的比较研究[J]. *草原与草坪*, 2004, 106(3): 48-51.
- [25] 王仲, 许文娟, 曹萍. 甜玉米种子活力与田间出苗率的灰色关联度分析[J]. *种子*, 2005, 24(3): 52-53.
- [26] 张文明, 郑文寅, 任冲, 等. 电导法测定大豆种子活力的初步研究[J]. *种子*, 2003(2): 34-36.
- [27] 李永刚, 王正旭, 杨民峰, 等. 电导率法测定烟草种子发芽率的研究[J]. *安徽农业科学*, 2008, 36(34): 15052-15058.
- [28] 石海春, 柯永培, 刘应洪, 等. 电导率法测定玉米种子活力的优化条件[J]. *种子*, 2008, 27(5): 7-10.
- [29] 梅鸿斌, 刘艳阳, 武轲, 等. 芝麻种子老化处理生理特性变化及种子活力适宜检测方法研究[J]. *华北农学报*, 2013, 28(5): 169-174.