# 团 体 标 准

# 《饲用燕麦抗旱性鉴定评价技术规程》

# 编制说明

《饲用燕麦抗旱性鉴定评价技术规程》团标制定组

2026 年 11 月

# 目　次

一、工作简况 ..... 1
二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据 ..... 3
三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果 ..... 6
四、标准涉及的相关知识产权说明 ..... 12
五、采用国际国内标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系 ..... 12
六、重大意见分歧的处理经过和依据 ..... 13
七、实施建议 ..... 14
八、其他应予说明的事项 ..... 14
参考文献 ..... 15

# 一、工作简况

## 1.1 标准制定背景

干旱是全球范围内影响农业生产的最主要非生物胁迫因素之一。我国干旱、半干旱地区面积约占国土面积的47%，主要分布在西北、华北和东北西部地区，这些区域也是我国饲草生产和畜牧业发展的重要基地。据统计，我国每年因干旱造成的饲草减产损失巨大，严重制约着草牧业的可持续发展。在饲用燕麦的主要种植地区，如河北、甘肃、内蒙古等地，季发性的春季干旱严重威胁饲用燕麦的出苗情况，偶发性的全生育期干旱限制饲用燕麦生物量的形成，进而影响其饲草产量。因此，筛选和培育抗旱性强的饲用燕麦品种，是发展干旱半干旱地区草牧业、保障饲草供应的重要举措。

饲用燕麦是禾本科燕麦属一年生粮饲兼用作物，是我国北方地区的主要特色作物之一。饲用燕麦不仅生物产量高、品质佳；同时，具有较强的耐贫瘠、耐干旱、耐盐碱等适宜边际土地生长的特性，是目前发展畜牧业最理想、最经济的饲草之一。燕麦在全球40多个国家都有种植，我国燕麦种植面积已达70万公顷，并保持稳定增长态势。在我国燕麦主要产区包括华北燕麦产区、西北燕麦产区和西南燕麦产区，这些区域大多处于干旱半干旱地带，干旱胁迫是影响饲用燕麦产量和品质的主要限制因素。因此，开展饲用燕麦抗旱性鉴定评价，对于干旱半干旱地区燕麦品种选择、抗旱性遗传改良及栽培管理至关重要。

目前，国内外对作物抗旱性鉴定方法多样，但在饲用燕麦领域，缺乏统一、科学、可操作性强的抗旱性鉴定技术标准。不同研究机构或育种单位采用的胁迫方式、评价时期、指标选择和分级标准差异较大，导致鉴定结果难以比较，限制了抗旱种质资源的有效评价、共享和利用。小麦等大作物已有抗旱性鉴定评价技术规范，但饲用燕麦作为饲草作物，其生产目标（生物量）、生长特性和评价指标与粮食作物存在差异，不能直接照搬粮食作物的标准。为推进“草牧业”发展，实施“藏粮于地、藏粮于技”战略，制定一套规范的饲用燕麦抗旱性鉴定评价技术规程，可为燕麦种质资源的抗旱性鉴定评价，以及饲用燕麦抗旱新品种审定、区域化布局及干旱半干旱地区饲草生产提供关键技术支撑。本标准的制定将填补饲用燕麦抗旱性鉴定标准的空白，对于加快抗旱饲草品种选育、推动旱区草牧业发

展具有重要意义。

## 1.2 任务来源

2024 年 12 月，本标准由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所联合河北北方学院及定西市农业科学院，向中国草学会提出了本团体标准的立项申请，旨在制定一套科学、规范、实用的《饲用燕麦抗旱性鉴定评价技术规程》。任务来源于饲用燕麦种质资源评价、抗旱育种研究及产业发展的实际需求，旨在填补饲用燕麦抗旱性鉴定评价技术标准的空白，推动品种选育与生产的标准化。

本标准由标准起草组依据《中华人民共和国标准化》《团体标准管理规定》GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》等相关法律法规及相关要求，制订工作计划并严格按照标准立项、标准调研、起草、征求意见、技术审查、报批、发布等流程执行。

## 1.3 协作单位

本标准由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所（牵头单位）、河北北方学院、定西市农业科学院等单位共同完成。

## 1.4 主要工作过程

本标准立项申请工作自 2024 年启动，主要过程包括：

立项筹备与前期调研：组建标准起草组，明确分工。系统收集、整理国内外关于燕麦及其他禾谷类作物抗旱性鉴定评价的已有标准、学术文献、研究报告，明确饲用燕麦抗旱性鉴定的特殊需求与关键难点。

试验研究与数据积累：结合起草团队前期研究基础，开展饲用燕麦种质资源及不同燕麦品种芽苗期抗旱性评价，筛选 PEG 胁迫浓度及干旱处理方法的适用性与可靠性。

标准草案起草：依据试验验证结果，参照 GB/T 1.1《标准化工作导则》的要求，起草标准草案。草案内容清晰界定适用范围、规范性引用文件、术语和定义，并详细规定鉴定条件、鉴定时期、鉴定方法、评价指标与方法。

征求意见与修改：将标准草案发送至相关科研院所、高校、企业、推广部门等广泛征求意见。组织专家咨询会、研讨会，对关键技术条款、指标阈值、可操

作性进行深入讨论。根据反馈意见对草案进行多轮修改、补充和完善。

审定与报批：形成标准送审稿，提交至中国草学会团体标准技术委员会进行技术审查。根据审定意见进行最终修改，形成报批稿，按规定程序上报主管部门批准发布。

## 1.5 起草组成员及其所做的主要工作

本标准主要起草人为：马琳、王学敏、刘贵河、刘东霞、黄凯、刘彦明、仪登霞、唐俊。

表 1 起草组成员及其所做的主要工作

| 姓名 | 工作单位 | 职称 | 主要工作内容 |
|---|---|---|---|
| 马琳 | 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 | 副研究员 | 负责标准总体设计、试验方案制定及标准编写、验证和修订。 |
| 王学敏 | 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 | 研究员 | 负责标准技术路线审定及总体指导。 |
| 刘贵河 | 河北北方学院 | 教授 | 参与标准起草，协调验证种质收集。 |
| 刘东霞 | 河北北方学院 | 教授 | 参与标准起草，负责田间验证。 |
| 黄凯 | 定西市农业科学院 | 副研究员 | 参与标准起草，负责萌发期验证。 |
| 刘彦明 | 定西市农业科学院 | 研究员 | 参与标准起草，协调验证种质收集。 |
| 仪登霞 | 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 | 副研究员 | 参与标准起草，负责幼苗期验证。 |
| 唐俊 | 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所 | 助理研究员 | 参与标准起草，负责数据统计分析。 |

# 二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

包括技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等的论据；标准修订项目还应当列出新、旧标准水平的对比。

## 2.1 标准编制原则

本标准的制定符合法律法规，符合有关标准要求，包括《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草工作规则》（GB/T 1.1-2020）、《牧草种子检验规程 发芽试验》（GB/T 2903.4）等。本标准在制定过程中参考了相关国家、行

业标准及已发表研究论文，其内容基于科学原理和实践经验，各项技术指标和方法均经过试验验证，确保了其准确性和可靠性。实验数据真实可靠，体现了科学性的原则。本标准明确其制定的目的和适用范围，以满足饲用燕麦抗旱性鉴定评价领域的实际需求，为科研和生产提供技术依据。标准具备普适性和实用性，操作简便、结果可靠，便于在科研单位、育种单位和推广部门广泛应用。

## 2.2 确定标准主要内容的论据

### 2.2.1 范围

本文件规定了饲用燕麦抗旱性鉴定评价的材料准备、鉴定方法、评价方法及种质资源（品种）抗旱性等级划分等技术内容。本文件适用于饲用燕麦研究者对于饲用燕麦不同种质资源（品种）的抗旱性评价鉴定。

### 2.2.2 规范性引用文件

本标准的规范性引用文件包括 2 项：GB/T 2903.4《牧草种子检验规程 发芽试验》——作为种子发芽试验方法的基础依据；NY/T2127-2012《牧草种质资源田间评价技术规程》—作为田间鉴定方法的基础依据；GB/T 21127《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》——作为禾谷类作物抗旱性鉴定方法的重要参考。其中，《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》（GB/T 21127）是本标准术语和定义、评价思路的重要参考来源。小麦与燕麦同属禾本科作物，其抗旱性鉴定的技术框架具有较强的借鉴意义。本标准在小麦抗旱性鉴定技术的基础上，结合饲用燕麦的生物学特性和生产目标进行了针对性调整和完善。

### 2.2.3 术语和定义

为便于理解标准的技术内容，本标准给出了 3 条与饲用燕麦抗旱性相关的术语和定义：

（1）抗旱性（drought resistance）：作物在干旱胁迫下，其生长发育、形态建成及产量形成对于干旱胁迫的反应能力。

（2）抗旱系数（drought resistance index）：饲用燕麦在干旱胁迫下的性状指标与非干旱胁迫下的性状指标的比值。该指标用于量化各性状对干旱胁迫的响应程度，是抗旱性评价的基础参数。

（3）幼苗存活率（survival rate）：两次干旱胁迫下存活的幼苗数量与干旱处理前的幼苗数量的比值。该指标直观反映幼苗期对干旱胁迫的耐受能力，是苗期

抗旱性鉴定的核心指标。

**2.2.4 技术指标、参数**

（1）评价时期的选择：本标准将测定时期定为种子萌发期、幼苗期及全生育期。此时期是饲用燕麦对干旱胁迫最敏感的时期，对发芽率和苗期生长影响最大，是评价抗旱能力的关键时期。

（2）萌发期胁迫浓度的确定：本标准采用 PEG-6000 高渗溶液法模拟干旱胁迫。根据前期预试验结果，设置了不同浓度梯度的 PEG-6000 溶液进行筛选，最终确定采用 20% PEG-6000 溶液作为萌发期干旱胁迫处理浓度。该浓度能够显著抑制燕麦种子萌发和幼苗生长，同时各种质间差异明显，适合用于抗旱性鉴定。

（3）苗期干旱处理方式：本标准苗期抗旱性鉴定采用两次干旱-复水处理后的幼苗存活率进行判定。当幼苗长至三叶一心期时开始干旱处理，蛭石含水量降至（15±5）%时复水至（80±5）%，120 h 后调查存活幼苗数量；复水后进行第二次干旱处理，以两次存活率的平均值作为苗期抗旱性评价指标。两次干旱-复水处理更贴近自然条件下间歇性干旱的实际情况，能够更好地反映品种的抗旱恢复能力。

（4）全生育期鉴定方式：全生育期抗旱性鉴定在旱棚内进行，设置干旱胁迫处理组与对照处理组。干旱胁迫组全生育期不再人工灌水，对照组分别在分蘖期、拔节期、抽穗期和灌浆期灌水，保证水分适宜。在乳熟期对两处理条件下的饲用燕麦进行全小区刈割、晾干并称干重，以干重抗旱系数作为全生育期抗旱性评价指标。

（5）评价分级：采用五级分类法（极强、强、中等、弱、极弱），与农作物抗旱性评价分级保持一致，便于标准的理解与应用。根据综合抗旱性 D 值的大小划分为 5 个等级：D 值>0.80 为极强（HR），0.60＜D≤0.80 为强（R），0.40＜D≤0.60 为中等（MR），0.20＜D≤0.40 为弱（S），≤0.22 为极弱（HS）。

**2.2.5 试验方法**

本标准包括 3 个时期的抗旱性鉴定方法，适用于不同试验条件和精度要求。

（1）种子萌发期抗旱性鉴定：采用高渗溶液法，即用 20%的 PEG-6000 水溶液对种子进行水分胁迫处理，以去离子水作为对照。使用沙培（蛭石）发芽试验，测定发芽率、苗长、根长、地上干重、地下干重等 5 项指标，计算各指标的

抗旱系数。该方法操作简便、重复性好，适用于大量种质资源的初步筛选。

（2）幼苗期抗旱性鉴定：采用两次干旱-复水处理法，通过测定幼苗存活率评价苗期抗旱性。该方法更接近自然干旱条件，能够反映幼苗对干旱的耐受和恢复能力。

（3）全生育期抗旱性鉴定：在旱棚内设置干旱胁迫与水分适宜对照，乳熟期测定小区干重，计算干重抗旱系数。该方法直接反映干旱对饲用燕麦生物产量的影响，适用于品种生产水平抗旱性的田间评价。

三个时期的鉴定结果通过隶属函数法进行数据标准化，结合权重系数计算综合抗旱性 D 值，实现对种质资源（品种）抗旱性的综合评价。

#### 2.2.6 检验规则

本标准详细规定了各项指标的测定方法、重复次数和数据处理方法，确保操作规范、结果可比。每个处理设置不少于 3 次重复，数据采用标准化方法处理，评价结果以综合 D 值表示。

## 三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

### 3.1 主要试验（或验证）的分析

#### 3.1.1 植物材料

本研究中所使用的供试燕麦种质资源材料由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所提供。参试饲用燕麦种质资源共计 180 份，其中 102 份原产于加拿大，78 份为国内种质，具体品种名称及来源见附表 1。由于种质资源保存时间会影响发芽率，所有参试材料均于 2023 年春夏在中国农业科学院北京畜牧兽医研究所昌平试验基地统一种植并收获，其后用于抗旱性鉴定。

#### 3.1.2 试验试剂及仪器设备

试验所用的主要试剂为 PEG-6000（聚乙二醇 6000），为化学分析纯级别（酷莱博）。其他试剂包括去离子水等常规实验用品。试验所用仪器设备均为常规仪器，包括万分之一天平、直尺、鼓风干燥箱、花盆/发芽盘、人工气候室等。

#### 3.1.3 预实验处理

为确定适宜的干旱胁迫浓度，预试验随机选取 18 份种质，设置蒸馏水（对

照）及 4 个 PEG-6000 浓度处理（15%，18%，20%，25%），每处理 3 次重复。胁迫处理 10 d 后，调查各处理的发芽率、苗长、根长、地上干重和地下干重，计算各指标的抗旱系数，并基于隶属函数值综合评估种质对干旱胁迫的响应。结果表明 20% PEG-6000 处理的各指标抗旱系数均显著低于 15%和 18%，表明该浓度对燕麦的生长抑制效应更强，能够充分暴露种质间的生长差异。进一步通过计算各浓度下抗旱性综合评价 D 值并划分抗旱性等级，20% PEG-6000 处理下抗旱等级的四分位差（2.00）显著大于 15%（1.75）和 18%（1.00），表明该浓度下种质间的抗旱性离散程度最大，区分效果最佳。综合以上结果，20% PEG-6000 溶液处理既能对燕麦苗期生长产生显著而适度的胁迫效应，又可有效区分不同种质的抗旱性差异。因此，确定 20% PEG-6000 为最适胁迫浓度。

**3.1.4 萌发期试验及指标测定**

将种子充分混合后随机取 600 粒，清洗后放入 30-35℃鼓风干燥箱中烘干 10 h，冷却至室温备用。称取 200 g PEG-6000 完全溶解在 1000 mL 去离子水中，配制成 20%的 PEG-6000 高渗溶液。取 600 粒种子，每 100 粒为一组，六次重复，放入装有 400 g 大颗粒蛭石的花盆芽床中，每三次重复分别加入 600 mL 20%的 PEG-6000 溶液及 300 mL 去离子水作为对照。将花盆放置于 20℃条件下的人工气候室中，第 12 天统计每盆中胚芽从蛭石中冒出的数量，统计发芽率，并分别测定种胚到最长叶叶尖及最长根根尖的长度，统计苗长及根长；随机选取 10 株幼苗，用去离子水冲洗干净，将其分成地上和地下两部分，105℃、30 min 杀青后在 65℃条件下烘干至恒重，统计其地下、地上部分干重。

依据如下公式计算个指标的抗旱系数：

发芽率抗旱系数=干旱处理发芽率/对照处理发芽率

苗长抗旱系数=干旱处理苗长/对照处理苗长

根长抗旱系数=干旱处理根长/对照处理根长

地上干重抗旱系数=干旱处理地上干重/对照处理地上干重

地下干重抗旱系数=干旱处理地下干重/对照处理地下干重

**3.1.5 苗期试验及指标测定**

将种子充分混合后随机取 300 粒，清洗后放入 30-35℃鼓风干燥箱中烘干 10 h，冷却至室温备用。在长宽高分别为 30 cm、30 cm、10 cm 的发芽盘中装入 8 cm

深的大粒蛭石，三次重复，浇灌去离子水，控制蛭石持水量为（80±5）%，播种100 粒种子后覆盖 2 cm 厚的大粒蛭石。放置于温度 20℃、光照 16 h 的人工气候室中，保持蛭石持水量为（80±5）%。当幼苗长至三叶一心期时，开始进行干旱处理。蛭石含水量降至（15±5）%时复水至（80±5）%，120 h 后调查存活幼苗数量，统计第一次幼苗存活率。开始进行第二次干旱处理，当蛭石含水量降至（15±5）%时复水至（80±5）%，120 h 后调查存活幼苗数量，统计第二次幼苗存活率。

依据如下公式计算幼苗存活率：

幼苗存活率=（第一次幼苗存活率+第二次幼苗存活率）/2

**3.1.6 全生育期试验及指标测定**

在旱棚内分别设置干旱胁迫处理组及对照处理组，播种前人工灌水控制旱棚内 0-50cm 的土层田间持水量为（80±5）%，干旱胁迫处理组全生育期不再人工灌水，对照处理组应分别在饲用燕麦分蘖期、拔节期、抽穗期及灌浆期进行灌水，保证饲用燕麦全生育期处于水分适宜状态。试验采用随机区组试验，每个处理三次重复，小区面积 0.6 m2，种植密度按照育种要求实施。在乳熟期对两个处理条件下的饲用燕麦进行干重测定，具体方法为全小区刈割后晾干称重。

依据如下公式计算干重抗旱系数：

干重抗旱系数=干旱处理干重/对照处理干重

**3.1.7 抗旱性评价方法**

使用隶属函数法对获得的抗旱系数及幼苗存活率进行标准化处理，与抗旱性正相关指标按隶属函数公式计算，负相关指标按反隶属函数公式计算。利用标准差系数法计算各指标的标准差系数 Vj，并归一化得到各指标权重系数 Wj；根据权重因子和隶属函数值计算各样质的综合抗旱性 D 值。D 值越大，抗旱性越强。

**3.1.8 抗旱性分级标准**

根据综合评价 D 值的大小，对所评价饲用燕麦种质资源（品种）的抗旱性进行分析，D 值越大，抗旱性越强，反之越弱。本研究对 180 份饲用燕麦种质资源进行了综合抗旱性 D 值计算，结果见表 1。按本标准规定的五级分类标准统计：D＞0.80 的极强（HR）种质 10 份，占 5.56%；0.60＜D≤0.80 的强（R）种质 42 份，占 23.33%；0.40＜D≤0.60 的中等（MR）种质 75 份，占 41.67%；0.20＜D≤0.40

的弱（S）种质 44 份，占 24.44%；D≤0.20 的极弱（HS）种质 9 份，占 5.00%。评价结果表明，参试群体具有较丰富的抗旱遗传变异，本标准的指标体系与分级阈值能够较好地区分不同种质的抗旱性差异。

表 1 180 份饲用燕麦种质资源综合抗旱性 D 值

| 种质编号 | 抗旱性综合评价 D 值 | 种质编号 | 抗旱性综合评价 D 值 | 种质编号 | 抗旱性综合评价 D 值 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.134 | 61 | 0.148 | 121 | 0.606 |
| 2 | 0.210 | 62 | 0.341 | 122 | 0.663 |
| 3 | 0.577 | 63 | 0.863 | 123 | 0.808 |
| 4 | 0.393 | 64 | 0.484 | 124 | 0.420 |
| 5 | 0.316 | 65 | 0.498 | 125 | 0.498 |
| 6 | 0.275 | 66 | 0.201 | 126 | 0.521 |
| 7 | 0.258 | 67 | 0.578 | 127 | 0.598 |
| 8 | 0.499 | 68 | 0.429 | 128 | 0.623 |
| 9 | 0.489 | 69 | 0.211 | 129 | 0.585 |
| 10 | 0.487 | 70 | 0.373 | 130 | 0.471 |
| 11 | 0.355 | 71 | 0.559 | 131 | 0.409 |
| 12 | 0.266 | 72 | 0.329 | 132 | 0.746 |
| 13 | 0.613 | 73 | 0.372 | 133 | 0.531 |
| 14 | 0.499 | 74 | 0.333 | 134 | 0.534 |
| 15 | 0.214 | 75 | 0.779 | 135 | 0.603 |
| 16 | 0.544 | 76 | 0.489 | 136 | 0.587 |
| 17 | 0.376 | 77 | 0.608 | 137 | 0.449 |
| 18 | 0.447 | 78 | 0.629 | 138 | 0.322 |
| 19 | 0.334 | 79 | 0.617 | 139 | 0.192 |
| 20 | 0.378 | 80 | 0.631 | 140 | 0.835 |
| 21 | 0.053 | 81 | 0.420 | 141 | 0.602 |
| 22 | 0.127 | 82 | 0.762 | 142 | 0.516 |
| 23 | 0.196 | 83 | 0.761 | 143 | 0.357 |
| 24 | 0.130 | 84 | 0.588 | 144 | 0.529 |
| 25 | 0.424 | 85 | 0.733 | 145 | 0.422 |
| 26 | 0.341 | 86 | 0.563 | 146 | 0.627 |
| 27 | 0.554 | 87 | 0.814 | 147 | 0.501 |
| 28 | 0.971 | 88 | 0.769 | 148 | 0.539 |
| 29 | 0.402 | 89 | 0.431 | 149 | 0.630 |
| 30 | 0.366 | 90 | 0.676 | 150 | 0.647 |
| 31 | 0.600 | 91 | 0.449 | 151 | 0.475 |
| 32 | 0.627 | 92 | 0.679 | 152 | 0.604 |
| 33 | 0.312 | 93 | 0.858 | 153 | 0.504 |
| 34 | 0.290 | 94 | 0.713 | 154 | 0.574 |
| 35 | 0.415 | 95 | 0.561 | 155 | 0.409 |
| 36 | 0.599 | 96 | 0.398 | 156 | 0.663 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 37 | 0.744 | 97 | 0.537 | 157 | 0.399 |
| 38 | 0.471 | 98 | 0.703 | 158 | 0.383 |
| 39 | 0.529 | 99 | 0.596 | 159 | 0.144 |
| 40 | 0.554 | 100 | 0.489 | 160 | 0.589 |
| 41 | 0.247 | 101 | 0.642 | 161 | 0.344 |
| 42 | 0.410 | 102 | 0.856 | 162 | 0.243 |
| 43 | 0.363 | 103 | 0.689 | 163 | 0.427 |
| 44 | 0.404 | 104 | 0.815 | 164 | 0.696 |
| 45 | 0.243 | 105 | 0.296 | 165 | 0.567 |
| 46 | 0.448 | 106 | 0.561 | 166 | 0.664 |
| 47 | 0.353 | 107 | 0.284 | 167 | 0.769 |
| 48 | 0.337 | 108 | 0.369 | 168 | 0.545 |
| 49 | 0.312 | 109 | 0.758 | 169 | 0.385 |
| 50 | 0.282 | 110 | 0.681 | 170 | 0.530 |
| 51 | 0.532 | 111 | 0.481 | 171 | 0.377 |
| 52 | 0.512 | 112 | 0.435 | 172 | 0.527 |
| 53 | 0.332 | 113 | 0.541 | 173 | 0.762 |
| 54 | 0.473 | 114 | 0.478 | 174 | 0.854 |
| 55 | 0.407 | 115 | 0.754 | 175 | 0.449 |
| 56 | 0.746 | 116 | 0.688 | 176 | 0.345 |
| 57 | 0.425 | 117 | 0.708 | 177 | 0.440 |
| 58 | 0.419 | 118 | 0.673 | 178 | 0.192 |
| 59 | 0.454 | 119 | 0.800 | 179 | 0.289 |
| 60 | 0.745 | 120 | 0.814 | 180 | 0.432 |

## 3.2 综述报告

饲用燕麦通常播种于春末夏初，这一时期正值北方农牧交错带的干旱频发期，因此对其苗期抗旱性进行鉴定是筛选核心耐旱种质的关键，同时也是改良育种材料的先决条件。目前，已有大量研究对饲用燕麦的抗旱性进行了鉴定，但不同研究采用的胁迫浓度、处理时长及评价指标差异较大，导致结果可比性不足。适宜胁迫浓度是种质抗旱性精准鉴定的前提，胁迫浓度过低，不同种质间生长抑制效应差异微弱，难以区分抗旱性等级；胁迫浓度过高则会造成大部分种质生长完全受抑，大量材料丧失表型差异，无法实现抗旱种质筛选。本研究以 5 个不同浓度的 PEG-6000 溶液进行预试验，发现 20%浓度处理后各生长指标变异系数最大，能够有效区分不同种质的抗旱性差异，因此确定 20% PEG-6000 溶液处理为最适鉴定条件。使用最大变异系数能够最大化不同种质间的表型差异，从而提升抗逆性鉴定的准确性和效率。

干旱胁迫会显著抑制燕麦种质萌发、幼苗伸长及生物量积累。本研究中 180

份种质在 20% PEG-6000 处理下，发芽率、苗长、根长、地上干重和地下干重均受到极显著抑制。各指标抗旱系数变异系数均大于 10%，说明参试种质群体拥有丰富的抗旱遗传变异，具备开展抗旱优异种质筛选的材料基础。不同性状对干旱胁迫的响应敏感性存在明显差异，其中发芽率抗旱系数变异系数高达 40.10%，表明萌发阶段是燕麦对干旱较为敏感的时期；根长抗旱系数变异系数仅为 13.40%，干旱环境下燕麦优先维持根系生长，通过根系延伸扩大水分捕获范围，是燕麦苗期重要的抗旱适应策略。仅依靠单一形态指标的抗旱系数无法全面反映种质整体抗旱能力，本研究各指标抗旱系数频次分布结果同样印证了这一观点，不同性状评价得到的抗旱结果并不统一，因此必须构建多指标结合的综合评价体系，这也是目前作物种质抗旱筛选研究的普遍共识。

抗旱性属于复杂数量性状，单靠某一指标难以全面评价，现有研究普遍采用多指标联合策略，整合相关性分析、主成分分析、隶属函数法、聚类分析等多元统计手段开展抗旱性综合评价。本标准采用隶属函数法对各指标进行标准化处理，消除不同指标间的量纲差异。与抗旱性正相关的指标使用隶属函数公式计算，负相关指标使用反隶属函数公式计算。在此基础上，利用标准差系数法确定各指标的权重系数，避免人为赋权的主观性。最后根据权重因子和隶属函数值计算综合抗旱性 D 值，D 值越大表明品种抗旱性越强。该评价方法已在多种作物的抗逆性评价中得到广泛应用，具有较好的客观性和可靠性。

180 份燕麦种质资源根据综合评价 D 值可分为 5 类：高抗旱型种质 11 份、抗旱型种质 52 份、中抗型种质 67 份、敏感型种质 37 份、高敏感型种质 13 份。通过对供试燕麦种质资源的抗旱性进行评价，能够有效区分不同品种间的抗旱性差异，筛选出抗旱性强的优异种质材料，为饲用燕麦抗旱育种提供材料基础和技术支撑。

## 3.3 技术经济论证

本标准提供的技术方法，所需仪器除人工气候室等基础设施外，多为实验室常规仪器（天平、烘箱、培养皿、花盆等），实施成本主要集中在人力与时间投入，易于在相关科研院所和高校推广普及。全生育期旱棚鉴定部分可依托已有旱棚设施开展，无需大规模新增设备投入。本规程实施后，可显著提高抗旱饲用燕麦品种选育效率，降低因干旱导致的饲草产量损失，提升旱区饲草生产的稳定性

和品质，具有良好的经济效益和生态效益。

### 3.4　预期的经济效果

本标准的实施将产生以下经济和社会效益：（1）为饲用燕麦抗旱种质资源评价和品种选育提供统一的技术规范，提高育种效率，加快抗旱品种选育进程；（2）为干旱半干旱地区饲草品种选择和布局提供科学依据，减少盲目引种造成的损失；（3）推动旱区草牧业发展，提高旱区饲草产量和品质，促进农牧民增收；（4）促进边际土地的合理利用，改善生态环境，具有良好的生态效益。

## 四、标准涉及的相关知识产权说明

经核查，本标准中规定的技术方法均为国内外公开的通用科学方法、公开文献的整合与规范以及申报团队的研究数据，本标准不涉及专利或其他知识产权问题。本标准的发布机构不承担识别可能存在的专利的责任。

## 五、采用国际国内标准的程度与水平的简要说明，与现行有关法律法规和强制性标准的关系

### 5.1 采用国际国内标准情况

目前，国际上尚无专门针对饲用燕麦抗旱性鉴定的国际标准，相关成果多以学术论文的形式存在，采用国际标准的程度为无。

在国内标准方面，我国已发布小麦、谷子、油菜等作物的抗旱性鉴定技术规程，但尚无饲用燕麦抗旱性鉴定的国家标准或行业标准。本标准在制定过程中，参考了以上作物抗旱性研究的先进理念和方法，同时，起草单位也开展了大量饲用燕麦抗旱性鉴定的相关试验，对评价指标和方法进行了规范，本标准属于自主制定。此外，国内已发布地方标准《燕麦种质资源抗旱性鉴定规程》（DB15/T 4249—2026），该标准面向全部燕麦种质、各时期独立分级；本标准聚焦饲用燕麦，采用萌发期、幼苗期、全生育期三时期互补鉴定和统一的综合 D 值分级，二者在适用对象、试验体系和评价算法上存在明显差异，不构成重复。

### 5.2 与现行标准的关系

本标准与《中华人民共和国种子法》及农作物品种审定等相关法规的精神相符。在技术内容上，引用了 GB/T 2903.4《牧草种子检验规程 发芽试验》、NY/T

2127—2012《牧草种质资源田间评价技术规程》等国家标准和行业标准，参考了GB/T 21127《小麦抗旱性鉴定评价技术规范》、NY/T 3851—2021《谷子抗旱性鉴定技术规程》、NY/T 3058—2016《油菜抗旱性鉴定技术规程》等国家及行业标准。经查询，目前与本标准最为相近的地方标准为《燕麦种质资源抗旱性鉴定规程》（DB15/T 4249—2026），该标准与本标准在适用对象、试验体系和评价算法上存在差异（详见 5.3）。本标准为全新制定的团体标准，是对现有饲草标准体系的有益补充，内容上不存在冲突。

## 5.3 与已有标准的不同与创新性

经查询，目前我国关于燕麦抗旱性鉴定的技术规程有《燕麦种质资源抗旱性鉴定规程》（DB15/T 4249-2026），该标准与本标准在适用范围、试验体系、评价指标、分级方法和标准效力上差异显著。

（1）聚焦饲用燕麦生产目标，区别于粮用燕麦标准。DB15/T 4249—2026面向全部燕麦种质，涵盖粮用和饲用燕麦；本标准仅针对饲用燕麦，聚焦饲草科研与生产中以生物产量为核心的评价目标，在指标选择和产量相关性状上更贴合饲用燕麦的实际利用方式。

（2）构建萌发期、幼苗期和全生育期三时期互补的鉴定体系。本标准将测定时期覆盖种子萌发期、幼苗期和全生育期，萌发期和苗期适合大量材料的实验室高通量初筛，全生育期旱棚鉴定直接反映干旱对生物产量的影响，三个时期结果可互补使用，克服了单一时期鉴定片面性强的不足。

（3）采用统一的综合 D 值评价与固定分级阈值。DB15/T 4249—2026 在萌发期、苗期、田间分别采用相对旱害率、旱害指数、产量抗旱系数独立分级，各阶段可单独给出抗旱等级；本标准采用隶属函数法结合标准差系数自动确定指标权重，输出统一的综合抗旱性 D 值，并预设 D＞0.80、0.60、0.40、0.20 四级阈值将抗旱性划分为极强、强、中等、弱、极弱 5 个等级，最终对一份饲用燕麦材料的抗旱性给出统一结论，便于不同试验、不同单位间结果的横向比较。

## 六、重大意见分歧的处理经过和依据

在标准起草组内部讨论及目前阶段，对标准的主要技术路线、方法框架和核心指标已达成共识，未出现重大意见分歧。后续在公开征求意见过程中，将认真

收集、处理和反馈各方意见。通过专家论证、试验验证和数据支撑的方式协商解决意见分歧。

## 七、实施建议

为保证本标准的顺利实施和推广应用，提出以下建议：

（1）加强宣贯与培训。由中国草学会牵头、中国农业科学院北京畜牧兽医兽医研究所具体组织，通过标准宣贯会、技术培训班和现场观摩等形式系统解读适用范围、鉴定时期、胁迫浓度、操作流程和分级阈值。重点培训萌发期 20% PEG-6000 溶液配制与沙培发芽操作、苗期两次干旱-复水处理的水分控制节点，以及旱棚全生育期鉴定的灌水与测产方法，确保不同单位、不同批次之间执行尺度一致。

（2）建设标准化鉴定平台和参比品种。 在华北、西北等燕麦主产区依托现有科研院所、高校和旱棚设施，择优建设 2～3 个标准化鉴定点，统一仪器设备、试剂批次和数据处理方式；由起草单位遴选抗旱性已知的参比品种（强、中、弱各 2～3 份）随批发放，作为质量控制和结果可比性的基准，并逐步建立鉴定结果共享数据库。

（3）推动与品种管理相衔接。建议将本标准作为饲用燕麦品种审定（登记）、抗逆性评价、区域化布局和推广目录遴选的参考依据，在品种试验中增设抗旱性鉴定内容；鼓励育种单位在亲本筛选、后代选择和杂交组合评价中应用本标准，提高抗旱育种效率。

（4）建立动态修订机制。 标准发布后，起草组应跟踪应用情况并定期收集反馈意见，结合新种质、新方法（如高通量表型、分子标记辅助评价）和气候变化影响，对胁迫浓度、指标权重和分级阈值进行持续验证；建议每 3～5 年评估一次，必要时按程序修订，保持标准的科学性、先进性和适用性。

## 八、其他应予说明的事项

无

# 参考文献

[1]GB/T 21127—2007 小麦抗旱性鉴定评价技术规范

[2]GB/T 2903.4 牧草种子检验规程 发芽试验

[3]NY/T 3851-2021 谷子抗旱性鉴定技术规程

[4]NY/T 3058-2016 油菜抗旱性鉴定技术规程

[5]DB15/T 4249-2026 燕麦种质资源抗旱性鉴定规程

[6]赵小娜, 高志昊, 王斌等. 15 份饲用型燕麦种质材料苗期抗旱性比较与评价. 草地学报, 2023, 31(12): 3734-43.

[7]蔺豆豆, 赵桂琴, 琚泽亮等. 15 份燕麦材料苗期抗旱性综合评价. 草业学报, 2021, 30(11): 108-21.

[8]张宇君, 赵丽丽, 王普昶等. 燕麦萌发期抗旱指标体系构建及综合评价. 核农学报, 2017, 31(11): 2236-42.

[9]余静菠. 饲用燕麦苗期抗旱性状全基因组关联分析及候选基因挖掘. 西南民族大学, 2024.

[10]袁艺. 饲用燕麦种质资源抗旱性评价及抗旱生理研究. 四川农业大学, 2024.

[11]高志昊. 饲用型燕麦种质材料抗旱性评价与耐旱型品种筛选. 宁夏大学, 2022.