团 体 标 准

《饲用燕麦抗倒伏评价技术规程》

编制说明

《饲用燕麦抗倒伏评价技术规程》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（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据 2

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7

四、 标准涉及的相关知识产权说明 8

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 8

六、 重大意见分歧的处理经过和依据 10

七、 实施建议 10

八、 其他应予说明的事项 10

一、工作简况

1、任务来源

饲用燕麦是我国北方地区重要的饲草作物，其抗倒伏能力直接影响产量与品质。目前，国内缺乏针对饲用燕麦抗倒伏性的统一评价标准，制约了抗倒伏品种的选育与推广应用。为此，2026 年 1 月，本标准由北京林业大学联合中国农业科学院北京畜牧兽医研究所、甘肃农业大学、青海省畜牧兽医科学院、中国农业科学院草原研究所、山西农业大学（山西省农业科学院）高寒区作物研究所、河北省农林科学院农业资源环境研究所等多家科研单位，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《饲用燕麦抗倒伏评价技术规程》。任务来源于饲用燕麦资源评价、育种研究及产业发展的实际需求，旨在填补饲用燕麦抗倒伏评价技术标准的空白，推动品种选育与生产的标准化。

2、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）、北京林业大学、甘肃农业大学、青海省畜牧兽医科学院、中国农业科学院草原研究所、山西农业大学（山西省农业科学院）高寒区作物研究所、河北北方学院等单位共同完成。

3、主要工作过程

2026 年 1 月正式启动标准立项申请，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倒伏性评价的已有标准、学术文献、研究报告，明确饲用燕麦抗倒伏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，在河北、内蒙古、甘肃、青海等多地开展饲用燕麦不同品种（系）的抗倒伏性多点、多年田间与室内试验，验证不同鉴定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。草案内容应清晰界定适用范围、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、鉴定报告。

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，提交至相关标准化技术委员会（如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。

4、起草组成员及其所做的主要工作

起草组成员包括：张铁军（组长）、李霄、康俊梅、柴继宽、贾志峰、孙娟娟、赵桂琴、王照兰、郑敏娜、刘贵河。

各成员分工明确。组长负责项目的总体设计与组织协调，组织联合试验与验证，主持文本起草、统稿与审定，承担会议组织工作。

各成员分别负责不同区域田间试验的设计与实施、指标测定、数据收集与分析、方法研究与标准化、标准部分章节的起草，收集生产一线的反馈意见。

各参加单位根据自身优势承担相应的试验任务、数据分析和部分章节的起草。定期召开线上线下相结合的编写组会议，汇报进展、讨论问题、审议草案。

二、标准编制原则和确定标准主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、检验规则等）的论据

1、标准编制原则

本标准根据国家的相关法律法规，遵循科学性、适用性、可操作性原则，以实际生产需求为导向，结合已有研究成果，确保方法可靠、指标合理、流程清晰。

2、确定标准主要内容的依据

2.1 范围

本文件规定了饲用燕麦抗倒伏性评价的材料准备、评价方法及品种（材料）抗性水平划分等技术内容。本文件适用于饲用燕麦研究者对于饲用燕麦不同品种（种质）间的抗倒伏性评价鉴定。

2.2 规范性引用文件

本标准的规范性引用文件包括 4 项。其中，《牧草种质资源田间评价技术规程》（NY/T2127-2012）是本标准术语和定义的重要来源。作为粮食作物的燕麦种质资源抗性评价研究有较完备的技术积累和标准规范，也为本标准研究提供了重要参考。本标准技术内容的编制主要依据相关试验数据，并参考与小麦、燕麦抗逆相关的地方标准，即《农作物品种试验技术规程 燕麦》（LY/T 3330-2022）、《燕麦种质资源耐盐碱性鉴定规程》（DB15/T 3773-2024）和《燕麦种质资源倒

伏性评价规程》（DB15/T 3772-2024）。

2.3 术语定义

为便于理解标准的技术内容，本标准给出了 5 条与燕麦抗倒伏相关的术语和定义。

倒伏（lodging）：作物茎秆从自然直立状态到发生错位，甚至永久性偏离垂直位置的一个表型特征。

抗倒伏（lodging resistance）：指作物茎秆在生长过程中能够抵抗自然环境或人为因素带来的外力作用而不易倒伏的特性。

倒伏率（lodging rate）：指倒伏植株面积或数目占该材料全部植株播种面积或数目的百分比。

乳熟期（milk stage）：80%穗子的籽粒进入乳熟时的日期。

抗倒伏评价（evaluation of lodging resistance）：根据采用的技术标准鉴别饲用燕麦抗倒伏能力的描述。

2.3 技术指标和参数

（1）评价时期的选择

本标准将测定时期定为乳熟期。此时期是饲用燕麦营养物质向穗部转运，穗部重量增加，植株株高较高，导致“头重脚轻”，加之该时期降雨较多，是容易发生倒伏的时期，也是评价不同材料抗倒伏能力的关键时期。此外，拔节期到抽穗期期间，因降雨、大风、品种特性、田间管理等因素影响，也会导致饲用燕麦发生倒伏，同样可采用此标准中的相关方法进行评价分析。为了更好地评价、区分不同材料的抗倒伏性，建议优先选择乳熟期进行判断比较（实验依据见参考文献）。

（2）对照品种的设定

根据前期大量实验和数据分析，本标准推荐了已知抗倒伏性差异显著 4 个品种作为对照（抗倒伏的蒙燕 1 号、坝燕 6 号，易倒伏的定燕 2 号、青引 2 号），以增强不同试验地点和年份间结果的可比性（实验依据见参考文献）。

（3）评价分级

采用三级分类法（抗倒伏、中抗倒伏、易倒伏），与农作物抗性评价分级基本保持一致，便于标准的理解与应用。

（4）技术指标与依据

基于前期相关实验，本标准选择了田间倒伏率、茎秆抗倒指数、主茎鲜重、茎秆重心高度、茎秆基部第 2 节茎秆机械强度等共 24 个技术指标。

技术指标	参数依据
田间倒伏率	该指标是饲用燕麦抗倒伏评价的直接田间表型指标，综合反映株型、茎秆强度、根系固土能力在倒伏胁迫下的最终表现。该指标测定简便，无需精密仪器，适合大批量材料鉴定。于乳熟期调查，统计倒伏植株占比，倒伏率越高，抗倒伏能力越差。该方法快捷、直观、有效，贴近生产实际，广泛应用于燕麦种质资源抗逆鉴定。
茎秆抗倒指数	该指标综合茎秆机械强度、植株重心高度等因素，量化反映茎秆抗弯性能和株体重心效应，规避单纯田间倒伏率易受气象干扰等偶然因素的缺陷。该指标定量客观，可实现种质材料间抗倒能力横向比对，稳定性与重复性好，适用于饲用燕麦种质抗倒伏初步鉴定、等级划分及聚类分析。
茎秆形态指标包括株高、茎秆重心高度、茎粗、秆壁厚、茎秆基部第 2 节间长度、茎秆基部第 2 节鲜/干重（g）、茎秆机械强度、抗穿刺强度、茎秆质量、茎秆基部第 2 节充实度（g/cm）、基部第 2 节间（鲜、干）密度（$g \cdot cm^{-3}$）、茎秆倒伏指数；矿物质和碳水化合物包括茎秆基部第 1 节与第 2 节可溶性糖、钾、钙和硅；纤维素和木质素包括植株纤维素、木质素含量	该套指标均在相关实验中进行了测定，是评价饲用燕麦抗倒伏性的重要技术参数。其中，茎秆形态指标表征株型结构、基部茎秆力学特征与物质充实程度，茎秆倒伏指数综合反映抗倒能力；茎秆矿质元素、可溶性糖参与茎壁结构建成；纤维素、木质素为茎秆细胞壁骨架组分，硅、钙可增强茎秆刚性。整套指标从宏观形态、力学性能、物质积累及细胞壁组分等多维度解析饲用燕麦的抗倒机理，定量客观，重复性好，适用于饲用燕麦种质抗倒伏精准鉴定、综合评价与聚类分析。

2.4 试验方法

2.4.1 试验设计

在饲用燕麦新品种培育等研究过程中，需要对种质资源、中间材料、新品种（系）等进行抗倒伏评价。为满足上述需求，设置小区播种、株行播种 2 种方法。其中，小区播种采用随机区组设计，3 次重复，小区面积 15 m^2（5 m×3 m）或以上。条播，播量 150 kg/hm^2，播深 4 cm~6 cm，行距 30 cm。株行播种每份材料 3 个重复，行距 30 cm，行长 2 m，播种量 70 粒/m，稀条播（参考《燕麦种

质资源数据质量控制规范》）。两种方式均选择对照材料同时播种，其中抗倒伏材料（极强）为蒙燕 1 号、坝燕 6 号燕麦，易倒伏材料为定燕 2 号和青引 2 号。

2.4.2 评价方法与计算公式

本标准包括 3 种评价方法，适用于多种环境和试验条件。三种方法由简到繁，形成互补，满足不同精度和应用层次的需求。

（1）田间观测法

基于实际生产中最直观的倒伏现象，依据田间倒伏率进行评价。适用于倒伏发生普遍且品种间差异显著的场景。该方法快捷、直观、有效，是生产上常用的初步评价手段。田间倒伏率计算公式如下：

田间倒伏率=实际倒伏植株数/小区总植株数×100%。

（2）倒伏指数法

借鉴禾谷类作物抗倒伏研究的通用模型，依据茎秆抗倒指数进行评价。该方法通过有限的指标量化抗倒伏能力，操作相对简单，适用于大量种质资源的初步筛选和比较。茎秆抗倒指数计算公式如下：

$$CLRI=\frac{CMS}{FW\times CHCG} \quad (1)$$

其中，（Culm lodging resistance index）表示茎秆抗倒指数；*FW*（Fresh weight）表示主茎鲜重，单位为克（g）；C*HCG*（Culm Height of center of gravity）表示茎秆重心高度，单位为厘米（cm）；*CMS*（Culm mechanical strength）表示茎秆基部第 2 节茎秆机械强度/抗折力，单位为牛顿（N）。

基于茎秆抗倒指数 *CLRI* 值开展聚类分析。样品间欧式距离计算公式如下：

$$d_{ij}=\sqrt{(CLRI_i-CLRI_j)^2} \quad (2)$$

式中：d_{ij} 为样品 i 与样品 j 间欧式距离；$CLRI_i$、$CLRI_j$ 分别为样品 i、样品 j 的茎秆抗倒指数。采用类平均法计算类间距离。根据聚类树状图确定分割阈值，将全部样品划分为 3 个类别。

（3）综合指标评价法

涵盖形态、理化等多项指标，可较为全面评价抗倒伏性。针对抗倒伏性为多基因控制的复杂性状，参考近年研究文献，选取涵盖茎秆形态（如株高、茎粗、机械强度）、理化性状（如钾、钙、硅、木质素、纤维素含量）等核心指标。采

用隶属函数法进行多指标综合评价，能更全面、深入地反映品种的抗倒伏潜力，适用于精准鉴定和机理研究。

采用 Duncan 法对燕麦抗倒伏相关性状进行方差分析（$P<0.05$）；采用 Pearson 相关系数对存在显著差异的性状与倒伏指数进行相关性分析。采用隶属函数法进行综合评价，然后根据种质的抗倒伏性综合评价值 D 进行排序比较、聚类分析和抗性评价。

数据标准化：使用隶属函数法对原始数据进行标准化处理，按照公式（3）计算隶属函数值，与抗旱性负相关的指标使用发隶属函数公式（4）进行计算 μ(Xj）。

$$\mu(Xj) = \frac{Xj - Xmin}{Xmax - Xmin} \qquad (3)$$

$$\mu(Xj) = 1 - \frac{Xj - Xmin}{Xmax - Xmin} \qquad (4)$$

其中，μ(Xj）表示第 j 个指标的隶属函数值；Xj 表示第 j 个指标值；Xmin 表示第 j 个指标最小值；Xmax 表示第 j 个指标最大值。

权重系数：利用公式（5）计算标准差系数 Vj，利用公式（6）进行归一化后得到各个指标的权重系数 Wj

$$Vj = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_{ij} - \bar{x}_j)^2}}{\bar{x}_j} \qquad (5)$$

$$Wj = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^{m} V_j} \qquad (6)$$

其中，$\bar{X}j$ 表示第 j 个指标平均值；Xij 表示第 i 个指标 j 性状的隶属函数值；Vj 表示第 j 个指标标准差系数；Wj 表示第 j 个指标权重。

综合抗旱性 D 值：根据权重因子和隶属函数值利用公式（7）计算种质资源的综合抗旱性 D 值。

$$D = \sum_{j=1}^{n} [\mu(Xj) \times Wj] \qquad (7)$$

聚类分析：基于综合评价 D 值开展聚类分析。样品间欧式距离计算公式如下：

$$d_{ij} = \sqrt{(D_i - D_j)^2} \qquad (8)$$

式中：d_{ij}为样品 i 与样品 j 间欧式距离；D_i、D_j分别为样品 i、样品 j 的综合评价 D 值。采用类平均法计算类间距离。根据聚类树状图确定分割阈值，将全部样品划分为 3 个类别。

2.5 检验规则

本标准在附录中详细列出各项指标的测定方法，确保操作规范。

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

1、主要试验（或验证）的分析

起草团队已开展多年多点试验，对上百份饲用燕麦种质资源进行了系统的抗倒伏性鉴定，积累了丰富的表型与力学数据。

田间观测证实了不同品种在相同逆境下倒伏率的显著差异。倒伏指数法与田间实际倒伏情况具有较高相关性。综合指标测定发现，茎秆基部节间的机械强度、壁厚、以及钾、硅、木质素含量等指标与抗倒伏性呈显著正相关，这些结果为本标准中指标体系的建立提供了重要的数据支撑。通过对比不同方法的重复性与一致性，验证了本标准中三类方法的适用场景与可靠性。

2、综述报告

国内外对于小麦等主要粮食作物的抗倒伏研究及标准制定较为成熟，但针对饲用燕麦的抗倒伏评价标准尚属空白。

现有内蒙古地方标准《燕麦种质资源倒伏性评价规程》（DB15/T 3772-2024），其主要面向粮用燕麦，也为本标准研究提供了重要参考。饲用燕麦在育种目标（侧重生物产量）、收割利用方式（常作青贮或干草）等方面与粮用燕麦存在差异，该标准无法满足饲用燕麦的评价需求。此外，原标准在适用场景、信息可比性等方面存在一定的不足。因此，有必要制定独立的评价规程。本标准的制定填补了这一领域空白。

3、技术经济论证

本标准提供的技术方法，所需仪器除茎秆强度测定仪等专用设备外，多为实验室常规仪器（天平、烘箱、分光光度计等），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普及。

本规程实施后，可显著提高抗倒伏品种选育效率，降低因倒伏导致的产量损失，提升饲草品质与稳定性，具有良好的经济效益。

4、预期的经济效果

本标准的推广应用，有助于提升饲用燕麦生产技术水平，促进草食畜牧业可持续发展，体现在以下几个方面。

提升育种效率：为育种家提供早期、准确筛选抗倒伏种质的统一方法，缩短育种周期，加速优良品种的培育。

指导科学生产：帮助种植户和生产企业依据品种抗倒伏特性进行合理区域布局，优化栽培管理技术，减少因倒伏造成的产量和品质损失。

促进产业标准化：为饲用燕麦品种审定、登记、评价和市场推广提供统一的技术依据，规范种子市场，提升产业整体水平。

支撑政策实施：为国家藏粮于技、振兴草牧业等相关政策的落实提供技术标准支撑。

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

1、采用国际标准的程度与水平的简要说明

目前，国际上尚无专门针对饲用燕麦抗倒伏鉴定的国际标准。本标准在制定过程中，参考了同类作物抗倒伏研究的先进理念和方法，但属于自主制定。

2、采用国内标准的程度与水平的简要说明

目前国内尚无专门针对饲用燕麦抗倒伏评价的国家标准或行业标准。本标准规范性引用 NY/T 2127-2012、DB14/T 2596-2022、DB15/T 3772-2024 等国内行业、地方标准，与现行相关法规和标准相协调。本标准参考内蒙古地方标准 DB15/T 3772-2024《燕麦种质资源倒伏性评价规程》的技术思路，针对饲用燕麦育种目标、利用方式特点进行优化创新，增设对照品种、构建三级评价方法体系，采用 CLRI 茎秆抗倒指数，弥补原有标准不适配饲用燕麦的短板。本标准属首次制定的团体标准，未直接采用国内现有标准，而是结合饲用燕麦特点自主制定，填补了该领域评价标准空白，整体达到国内先进水平。

3、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 NY/T2127-2012《牧草种质资源田间评价技术规程》等国家标准和行业标准，并与 DB14/T 2596-2022《农作物品种试验技术规程 燕麦》《燕麦种质资源倒伏性评价规程》（DB15/T 3772-2024）等地方标准相协调。本标准为全新制定的团体标准，是对现有标准体系的有益补充，内容上不存在冲突。

4、与已有标准的不同与创新性

（1）扩充评价方法与指标体系

原标准仅依靠抗倒伏指数单一指标开展抗倒伏分级，缺少田间直观分级评价，且未包括茎秆基第 2 节间长度、木质素含量等关键性状。新标准设置了 3 种评价方法，可结合田间倒伏率开展直观分级，也可以采用倒伏指数法、综合指标评价法进行全面评价，克服了无自然倒伏年份抗性鉴定难的短板。三种方法由简到繁，形成互补，满足不同精度和应用层次的需求。同时，新标准契合最新研究结论，将形态指标、生理指标等燕麦抗倒伏关键指标纳入评价体系，能够对不同材料进行全面综合评价。

（2）优化抗倒指数构建，提升信息可比性

原标准茎秆抗倒伏指数 SLI 数值含义为数值越大、越容易倒伏，与国际主流 CLRI 指数（数值越大、抗倒伏能力越强）方向相反，不同文献之间对比易产生混淆。新标准选用国际主流茎秆抗倒指数 CLRI 值作为重要评价指标，提升了信息可比性。

（3）增加对照品种，拓宽标准适用场景

原标准缺少对照品种，不同地区、不同试验的评价结果很难进行综合比较。而且，抗倒伏指数分级阈值主要基于内蒙古本地种质材料建立，跨生态区、不同材料条件下适用性不足。新标准研发团队在内蒙古、甘肃、青海、河北、山西等多个饲用燕麦主产区，开展了多项饲用燕麦种质材料的抗倒伏评价试验，积累了丰富的工作基础和数据材料，建立的评价方法适用更多场景。同时，新标准基于大量试验结果，补充了统一的对照品种，便于对不同试验结果进行综合比较分析，较好解决了试验品种（材料）与生态区的局限性问题。

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

标准实施后，将通过培训、示范等方式推动应用。

标准中推荐的对照品种是基于当前主栽品种和现有研究认知，未来可根据品种更新、深入研究和意见反馈进行适时补充和调整。

附录 A 中提供的测定方法为资料性附录，旨在为使用者提供详细的操作参考，并非标准的强制组成部分，允许在保证数据可比性的前提下采用等效方法。

八、其他应予说明的事项

无。

参考文献

[1] 南铭.燕麦抗倒伏生理机制及茎秆木质素合成基因表达研究[D].甘肃农业大学, 2022. DOI:10.27025/d.cnki.ggsnu.2021.000011.

[2] 南铭, 王兴荣, 李晶, 等. 燕麦抗倒伏性状的基因型差异[J].草业学报, 2023, 32(11): 106-118.

[3] 黄文辉, 王会, 梅德圣. 农作物抗倒性研究进展[J].作物杂志,2018,04:13-19.

[4] 孟令志, 郭宪瑞, 刘宏伟, 等. 小麦抗倒性研究进展[J].麦类作物学报, 2014, 34(12): 1720-1726.

[5] 刘仲发, 勾玲, 赵明, 等. 遮荫对玉米茎秆形态特征、穿刺强度及抗倒伏能力的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(4):91-96.

[6] 杨晶,刘文辉,梁国玲,等.高寒地区不同燕麦品系抗倒伏相关性状分析[J].草业学报, 2020, 29(12):50-60.

[7] 梁国玲, 张永超, 贾志锋, 等. 高寒区不同燕麦品种（系）表型性状和茎秆力学特征与抗倒伏能力的关系研究[J].草业学报, 2019, 28(4):58-69.

[8] 国家农作物种质资源平台. 燕麦种质资源数据质量控制规范.

[9] 南铭, 赵桂琴, 李晶, 等.不同燕麦品种茎秆形态特征与抗倒伏性的关系[J].草地学报, 2018, 26(6):1382−1391.

[10] 南铭, 赵桂琴, 柴继宽. 20 份饲草型燕麦品种的抗倒伏性研究[J].草原与草坪, 2019, 39(5)：62−68.

[11] 南铭，赵桂琴，李晶，等.半干旱区燕麦品种茎秆理化特性及其与抗倒性的关系研究[J]. 草地学报，2019, 27(5): 1284−1290.

[12] 南铭，李晶，赵桂琴，等.茎秆基部节间特性和木质素合成与燕麦抗倒伏的关系[J].草业学报，2022，31(11):172−180.

[13] 刘亚锋, 柴继宽, 李璇, 等. 饲用燕麦种质资源茎秆强度相关性状分析与评价[J].草地学报, 2025, 33(12): 4081−4089.

[14] 邓焱天，张晓澎，杨蕊，等. 21 份饲用燕麦品种抗倒伏性鉴定评价[J].江西农业，2025，8：113−115.

[15] 南铭, 马艳明, 柴继宽, 等.不同抗倒性燕麦品种茎秆节间木质素及其单体特征[J].草地学报, 2025, 33(6):1782−1790.

[16] 杨蕊. 燕麦抗倒伏相关性状全基因组关联分析[M].北京: 北京林业大学, 2025.

[17]赵丽君. 燕麦种质资源抗倒伏性评价及转录组分析[M].北京: 北京林业大学, 2026.