ICS 65.020.20
CCS B 01

团　　体　　标　　准

T/GS XXX—20XX

饲用燕麦抗倒伏评价技术规程

Technical specification for evaluation of lodging resistance of forage oat

（征求意见稿）

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

****-**-**发布　　****-**-**实施

中国草学会　　发 布

中国草学会（GS）是组织开展国内、国际标准化活动的全国性社会团体。制定中国草学会团体标准，满足市场需要，增加标准的有效供给，促进科技创新，是中国草学会的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制定、修订中国草学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国草学会团体标准按《中国草学会团体标准制修订项目管理办法（试行）》进行制定和管理。

中国草学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国草学会团体标准予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国草学会团体标准秘书处，以便修订时参考。

本标准版权为中国草学会所有，除了用于国家法律或事先得到中国草学会的许可外，不得以任何形式或任何手段复制、再版或使用本标准及其章节，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。

中国草学会地址：北京市海淀区圆明园西路 2 号中国农业大学西校区

邮政编码：100193　　电话：010-62731666　　传真：010-62732799

网址：chinagrass.org.cn　　电子信箱：cgsoffice@163.com

前　言

本文件按照 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》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由中国农业科学院北京畜牧兽医研究所、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、河北北方学院提出。

本文件由中国草学会归口。

本文件起草单位：中国农业科学院北京畜牧兽医研究所、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。

本文件主要起草人：张铁军、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。

饲用燕麦抗倒伏性评价技术规程

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。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

NY/T 2127-2012 牧草种质资源田间评价技术规程

DB14/T 2596-2022 农作物品种试验技术规程 燕麦

DB15/T 3772-2024 燕麦种质资源倒伏性评价规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

倒伏 lodging

倒伏是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。

3.2

抗倒伏 lodging resistance

抗倒伏性是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。

3.3

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。

3.4

乳熟期 milk stage

80%穗子的籽粒进入乳熟时的日期。

3.5

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。

4 饲用燕麦抗倒伏性评价方法

4.1 田间观测法

按照田间实际倒伏面积进行燕麦抗倒伏等级划分。由于降雨、大风、品种特性等因素，导致田间倒伏状况普遍发生且不同种质差异明显时可采用。该方法快捷、直观、有效，是生产上常用的初步评价手段。

4.1.1 播种

小区播种：随机区组设计，3 次重复，小区面积 15 m^2（5 m×3m）或以上。条播，播量 150 kg/hm^2，播深 4 cm~6 cm，行距 30 cm。选择对照材料同时播种，其中抗倒伏材料为蒙燕 1 号、坝燕 6 号燕麦，易倒伏材料为定燕 2 号和青引 2 号。

4.1.2 抗性评价

燕麦进入乳熟期，调查燕麦田间倒伏率（lodging rate，LR），评定倒伏分级（lodging degree，LD）。田间倒伏率=实际倒伏植株数/小区总植株数×100%。倒伏级别分为 3 级，见表 1。

表 1 饲用燕麦抗倒伏性评价标准

级别	田间倒伏率（%）	抗倒伏性等级

1	LR≤20%	抗倒伏（R）
2	20%＜LR＜50%	中抗倒伏（MR）
3	50%≤LR	易倒伏（HS）

1 级：0~20%倒伏；2 级：20%~50%倒伏；3 级：50%以上倒伏。倒伏面积按照实际倒伏面积占小区总面积的百分率（%）表示。

结合待测品种和对照材料的田间倒伏率，综合评价待测品种的抗倒伏性。

4.2 倒伏指数法

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，为品种筛选和栽培管理提供参考。

4.2.1 播种

包括小区播种、株行播种 2 种方法。

小区播种：播种方案与田间观测法相同。

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》）。

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。

4.2.2 调查方法

燕麦进入抽穗期，每份材料选取株型一致、抽穗整齐的植株 15 株~30 株，对主茎进行挂牌标记。进入乳熟期，每份材料随机选取 10 株挂牌进行指标测定。包括茎秆重心高度、主茎鲜重、茎秆基部第 2 节茎秆机械强度 3 项指标。具体测定方法见附录。

4.2.3 数据分析

（1）茎秆抗倒指数 *CLRI* 值

按照（1）式计算茎秆抗倒指数。

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

其中，*CLRI*（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）。

（2）聚类分析

基于茎秆抗倒指数 *CLRI* 值开展聚类分析。不同材料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} 为材料 i 与材料 j 间欧式距离；$CLRI_i$、$CLRI_j$ 分别为材料 i、材料 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，将全部材料划分为 3 个类别。

4.2.4 抗性评价

根据$CLRI$数值对燕麦材料的抗倒伏性进行排序。某一材料的$CLRI$数值越高，表示该材料抗倒伏性能越强，数值越低则表明抗倒伏性越弱。然后，不同材料进行聚类分析，将全部材料分为 3 个级别，按照$CLRI$值由大到小依次为级别 1（抗倒伏，R）、级别 2（中抗倒伏，MR）、级别 3（易倒伏，S）。

结合待测材料、对照的茎秆抗倒指数 *CLRI* 值和聚类分析结果，综合评价待测材料的抗倒伏性。

4.3 综合指标评价法

该方法涵盖植株形态、理化等多项指标，可较为全面评价抗倒伏性，适用于精准鉴定和机理研究。但费工费时，完成难度大。如果倒伏状况未发生或者不同种质差异不显著时，可采用该方法。

4.3.1 播种

播种方案与倒伏指数法相同。

4.3.2 调查方法

燕麦进入抽穗期，每份材料选取株型一致、抽穗整齐的植株 15 株~30 株，对主茎进行挂牌标记。进入乳熟期，每份材料随机选取 10 株挂牌进行指标测定。

从形态指标、生理指标两个角度评价。其中，形态指标包括株高、茎秆重心高度、茎秆基部第 2 节间长度、茎粗及茎秆机械强度、抗穿刺强度等 12 项指标。生理指标包括茎秆基部第 1 节与第 2 节钾、钙、硅、可溶性糖、木质素及纤维素含量等 10 项指标（见表 2）。具体测定方法见附录。

表 2　饲用燕麦抗倒伏性评价指标

类别	相关指标	数量
茎秆形态	株高、茎秆重心高度、茎粗、秆壁厚、茎秆基部第 2 节间	12

	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·cm^{-3}）、茎秆倒伏指数	
矿物质和碳水化合物	茎秆基部第 1 节与第 2 节可溶性糖、钾、钙和硅	8
纤维素和木质素	纤维素、木质素含量	2
合计		22

4.3.3 **数据分析**

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。

（1）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（2）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（3）进行计算μ(Xj）。

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

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

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。

（2）权重系数

利用公式（4）计算标准差系数 Vj，利用公式（5）进行归一化后得到各个指标的权重系数 Wj

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

$$Wj = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^{m} V_j} \tag{6}$$

其中，$\bar{\mathrm{X}}$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。

（3）综合抗旱性 D 值

根据权重因子和隶属函数值利用公式（6）计算种质资源的综合抗旱性 D 值。

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

（4）聚类分析

基于综合评价 D 值开展聚类分析。不同材料间欧式距离计算公式如下：

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

式中：d_{ij} 为材料 i 与材料 j 间欧式距离；D_i、D_j 分别为材料 i、材料 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，将全部材料划分为 3 个类别。

4.3.4 抗性评价

根据 D 值对燕麦材料的抗倒伏性进行排序。某一材料的隶属函数总和 D 值越大，表示该材料抗倒伏性能越强，数值越低则表明抗倒伏性越弱。依然后，不同材料进行聚类分析，将全部材料分为 3 个级别。按照 D 值由大到小依次为级别 1（抗倒伏，R）、级别 2（中抗倒伏，MR）、级别 3（易倒伏，S）。

结合待测材料、对照的综合抗旱性 D 值和聚类分析结果，综合评价待测材料的抗倒伏性。

附录 A

（资料性）

燕麦部分形态指标和理化性质测定方法

A.1 茎秆形态指标测定方法

主茎鲜重（*FW*）：将主茎贴近地表取样后，使用电子天平（精确到 0.01 g）称重，单位用 g 表示。

茎秆重心高度（height of stem gravity, *HSG*）是将主茎茎秆放于一个支点上，待茎秆平衡后，茎秆基部至植株主茎平衡支点的距离（cm）；

茎秆机械强度（stem bending strength, *SBR*）：将去掉叶鞘的基部第 2 节间放在间隔 5 cm 的支撑架上，用茎秆强度测定仪平稳的力压茎秆，使茎秆瞬间折断的力乘以 100 g/N 即为该茎秆机械强度。

株高（plant height,PH）为植株基部至花序顶部的高度（cm）；

茎粗（stem diameter, SD）是在茎基部第二、三节最粗处测定（mm）；

秆壁厚（thick ness of culmwall, CWT）是分别用剪刀将茎基部第二、三节中间部位剪断，取其中任意一节用游标卡尺测定（mm）。

茎秆基部第 2 节间长度（cm）：用直尺测。

茎秆基部第 2 节鲜/干重（g）：准确称取茎秆第 2 节鲜重后在 105°C 条件下杀青 30min 后，称取鲜重，在 80 °C 下烘干至恒重，最后称取茎秆第 2 节干重（g）

茎秆穿刺强度（N）：用 YYD-1A 型便携式植物茎秆强度仪测定，携带穿刺探头（横断面积为 1 mm^2），将叶鞘除去后的第 1 节、第 2 节放置于凹槽中，调整至两个支点间距为 5 cm，垂直向下用平稳的力匀速插入节间中部，探头瞬间穿破进入茎秆时记录显示的最大值即为茎秆穿刺强度。

茎秆质量（mg/cm）=茎秆干重（mg）/植株高度（cm）

茎秆基部第 2 节充实度（g/cm）、基部第 2 节间（鲜、干）密度（g/cm^3）：称取基部第 2 节间去叶（鞘）鲜重，用烘干后称量干重，用基部第 2 节间长、内径、壁厚和茎粗，计算基部第 2 节间体积（中空圆柱体，不含髓腔）、基部第 2 节间密度和茎秆基部第 2 节间充实度。

A.2 理化性质测定方法

1、可溶性糖含量测定

（1）试剂和仪器

蒽酮试剂（用 0.2 g 蒽酮溶于 100 mL 浓硫酸制成）、标准葡萄糖溶液（0.1 mg/mL）、分光光度计、30m L 镍坩锅、高温电炉和 50 mL 容量瓶。

（2）标准曲线制作

取 5 支同样大小的试管，依次进行（1、2、3、4、5）标记，按照 0 mL、0.1 mL、0.2 mL、0.4 mL、0.8 mL 加入标准糖溶液，然后分别补足蒸馏水至体积达到 1 mL，每份管中再依次加入 4 mL 的蒽酮试剂，轻微振摇混匀后放入沸水浴中 10 min，然后在室温条件下静置 10 min，将 1 号试管中的溶液调零作对照，在 A620 下测定吸光度值。横坐标用标准糖溶液浓度，吸光度作纵坐标绘制曲线。

（3）测定方法

取烘干样品 0. 3g 放入研钵中，用液氮进行研磨，再加入少量蒸馏水至匀浆，随后转入到 20 mL 的量筒中，将研钵中的残留液用 10 mL 的蒸馏水清洗后倒入量筒，在沸水浴中静置 10 min，待冷却后过滤并用蒸馏水定容至 100mL 的容量瓶中；然后把该溶液稀释至 1000 倍，吸取 1 mL 放入试管中，再加入 4 mL 的蒽酮试剂，同样在沸水浴中煮沸 10 min，取出后冷却 10 min，测定吸光度方法同标准曲线制作过程。可溶性糖含量（%）=（C×V1×D/W×V2×106）×100，式中：C—标准曲线上查出的糖含量（μg）；V1—提取总体积（mL）；V2—测定总体积（mL）；D—稀释倍数；W-样品重量（g）。

2、钾含量测定

（1）试剂和仪器

H_2SO_4，30%H_2O_2，全自动消煮炉，全自动凯氏定氮仪，火焰光度计。

（2）测定方法

取混干样品 0.3 g 样品装入到 100 mL 的消煮管中，再加入 5ml 的 H_2SO_4，摇匀，放到电炉上用小火缓慢加热，H_2SO_4 出现白烟后再逐渐升高电炉温度，待溶液变为棕黑色取下冷却，然后加入 30%的 H_2O_2，再加热至微沸，消煮 10 min，冷却后再加入，再消煮，如此重复多次，直到溶液变成无色状态，达到清亮通透程度后，再继续加热 10 min 用于去除剩余的 H_2O_2，取下冷却后定容至 100 mL 容量瓶中，在室温下静置，吸取上清液，测定钾元素含量。

3、钙含量测定

（1）试剂和仪器

100 μg/mL 的 Ca 标准溶液、瓷坩埚、原子吸收分光光度计

（2）测定方法

称取干样 0.5 g 放入到 30 mL 的瓷坩埚中，用电炉加热让其炭化，然后再转到高温炉中灰化，灰化完成后用稀盐酸溶解样品并转至 50 mL 容量瓶中，过滤备用；吸取消煮好的待测溶液 5 mL 置于 50 mL 容量瓶中，纯水定容后，用原子分光光度计测钙含量。标准曲线绘制：将 Ca 标准溶液从浓度

最大依次降低测定。

4、硅含量测定

（1）试剂和仪器

0.1、0.5、4 mol/L NaOH，4 mol/L HCl，0.05、0.3、3 mol/LH_2SO_4，5%草酸（$H_2C_2O_4$）溶液，5%硫酸亚铁铵（Fe $(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$）溶液，2，6 二硝基酚指示剂，硅标准溶液，5%钼酸铵（$(NH_4)_2MoO_4$）溶液。分光光度计，高温电炉，50 mL 容量瓶，30 mL 镍坩锅。

（2）测定方法

在镍坩锅内加入 10 mL 4mol/L 的 NaOH，放在电热板上加热至蒸干。称取 0.2 g 样品均匀铺在锅内的 NaOH 放在电炉上加热，灰化后，放在高温电炉上，用 700 °C～720 °C 的高温熔融 10 min，冷却，用重蒸水洗，装入盛有 10 mL 4 mol/L HCl 的 100 mL 容量瓶内定容，形成硅待测液。在 50 mL 容量瓶中加入 5 mL 待测液，加水稀释到 15 mL 左右；用胶头滴管加入 1 滴 2，6-二硝基酚指示剂，然后用 0.05mol/L H_2SO_4 与 0.1 mol/L NaOH 调至颜色微黄，上下摇匀，室温静置 15 min～20 min；加入 5%钼酸铵溶液和 0.3 mol/L H_2SO_4 各 5 mL，上下摇匀，室温静置 5 min～20 min；依次加入 5%草酸溶液 5 mL 和 5%硫酸亚铁铵溶液 5 mL，定容至 100 mL，静置 20 min 后，用分光光度计在 700 nm 光波下进行比色，并做空白对照试验。硅标准曲线的绘制：横坐标为标准溶液浓度，纵坐标为吸光值，绘制出 0～2.4 μg/mL 的硅标准曲线。具体操作如下：在 7 个 50 mL 容量瓶分别加入 50 μg/mL 的硅标准溶液 0、0.4 mL、0.8 mL、1.2 mL、1.6 mL、2.0 mL 和 2.4 mL，再依次加入试剂可得到 0、0.4 μg/mL、0.8 μg/mL、1.2 μg/mL、1.6 μg/mL、2.0 μg/mL、2.4 μg/mL 的硅溶液。硅（Si）含量=[标准曲线读取质量浓度×显色体积×分取倍数]/样本重量

5、纤维素含量

（1）试剂和仪器

1.25% H_2SO_4 溶液，1.25% KOH 溶液。石棉处理：用 5% NaOH 溶液浸泡，在沸水浴中煮沸 8 h 以上，用热水清洗多次；再用 20% HCL 溶液在沸水浴中煮沸 8 h 以上，热水充分清洗后，干燥。用 600 °C～700 °C 的高温灼烧后，加入蒸馏水混合均匀，装入玻璃瓶内备用。分光光度计，30 mL 镍坩锅，高温电炉，50 mL 容量瓶。

（2）测定方法

用天平称取 0.5 g 的样品放入研钵中，倒入液氮研磨后，装入 50 mL 锥形瓶内，加入煮沸的 1.25%硫酸 20 mL，继续加热至微沸，中间每 5 min 摇晃一次锥形瓶，充分混匀；30 min 后取下锥形瓶，用亚麻布过滤干净后加入开水洗涤，直至洗液不呈酸性；将亚麻布上过滤的留存物用 20mL 煮沸的

1.25%氢氧化钾溶液冲洗至原锥形瓶中，继续加热至微沸，每 5 min 摇晃一次锥形瓶，30 min 后取下锥形瓶，立即用亚麻布过滤，用开水清洗 2 次～3 次；移入干燥的同型号的垂熔漏斗中，抽滤干净，用热水充分清洗后，再次抽滤，用乙醇清洗一次，再用乙醚清洗一次；将内容物放入坩埚内在 105 °C 烘箱中烘干至称量，重复操作几次，直到恒量不变，所损失的量即为粗纤维含量。X=G/M 式中：X——样品中含粗纤维的含量（%）；G——残余物的质量（或经高温炉损失的质量）（g）；m——样品的质量（g）；

6、木质素含量测定

（1）试剂和仪器

75% H_2SO_4 溶液；G3 坩埚式过滤器，高速万能粉碎机（FW100 型），索氏提取器，高温炉，马氏炉，分析天平，立式数显鼓风干燥箱（DHG-9070/101A-1），高压灭菌锅。

（2）测定方法

用分析天平准确称取样品 0.5 g，滤纸包好后，放入盛有苯-乙醇（67:33，V:V）溶液的索氏提取器中在 100 °C 高温下抽提 4 h，抽提后的样品滤纸包放入在通风橱内，风干至恒重，每份材料均重复 3 次，质量为 M；将滤纸包中的材料倒入 250 mL 三角瓶内，加入 72%的硫酸 10 mL，摇匀后放至摇床上，温度设定 30 °C，以 120 r/min 转速振荡 1.5 h 后，加入蒸馏水 200 mL，在 120 °C，0.1 MPa 条件下水解 1 h；取干净的 30 mL G3 坩埚式过滤器，称得重量为 W1；用坩埚式过滤器过滤水解后的混合液，然后用蒸馏水清洗，直至三角瓶中残渣全部清洗至过滤器中。用蒸馏水洗涤残渣，洗至 pH 值约为 7.0，保证完全除去了硫酸；在 80 °C 烘箱中干燥过滤完残渣的过滤器 6 h，放入干燥器冷却到室温，残渣+过滤器的重量为 W2；在马氏炉内放入装有残渣的过滤器，在 200 °C 高温下预热 30 min，随后在 575±25 °C 高温下灰化 4 h，为防止产生实验误差，尽量不要让其他杂质落入；将坩埚取出后置于干燥器中冷却，称得灰分+过滤器的重量 W3。

木质素（%）=[（W2-W3）×100]/M

式中：W2、W3 和 M 的含义见上述描述。

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.