

# 基于 DUS 测试性状对我国选育裸燕麦的分析

付国庆 纪军建 霍阿红 陈令玮 王瑶 左振兴 葛军勇 寇淑君

(张家口市农业科学院/农业农村部植物新品种测试张家口分中心, 075000, 河北张家口)

**摘要** 对我国 2017–2022 年的 27 份申请品种保护或登记的裸燕麦 (*Avena nuda*) 品种进行了性状观测。数据统计发现, 幼苗生长习性 74.1% 为直立, 幼苗绿色程度 96.3% 为中等绿色以上, 旗叶下弯 55.6% 为低, 穗分枝方向 81.5% 为四周, 茎粗度 85.2% 为中, 茎花青贰显色 63.0% 为有, 外稃长度 88.9% 为中, 籽粒形状有纺锤形、椭圆形和卵圆形, 相差不大, 无长筒形; 74.07% 的抽穗期集中在中早到中晚; 77.78% 的旗叶长为中或中偏短; 81.48% 的株高为中到高; 85.19% 的穗长为中到中长; 70.37% 的千粒重为中到中高; 70.00% 的籽粒容重为中到高。DUS 测试性状结果显示, 我国优良裸燕麦品种主要表型性状参数如下: 幼苗生长习性直立, 叶片中等绿色, 旗叶长度 20~22 cm, 下弯比率较低, 抽穗期 50~55 d, 株高 120~140 cm, 茎秆粗壮显色, 外稃长度中等, 穗长 20~25 cm, 千粒重 26~28 g, 籽粒容重 680~700 g/L。

**关键词** 裸燕麦; DUS 测试; 性状; 育种

燕麦 (*Avena sativa* L.) 是禾本科一年生粮饲兼用作物, 不仅营养丰富, 而且具有耐寒、抗旱、耐盐碱及适应性强等特点, 诸多优良特性使其成为应对气候变化的先锋作物和部分地区的保粮作物<sup>[1]</sup>。目前我国燕麦种植面积达 34.7 万  $\text{hm}^2$  左右, 主要分布在华北、东北和西北等各大生态区<sup>[2-3]</sup>, 分为皮燕麦 (*Avena sativa*) 和裸燕麦 (*Avena nuda*), 目前以裸燕麦为主, 其中皮燕麦起源于地中海沿岸和伊朗等地, 而裸燕麦则起源于中国<sup>[4-5]</sup>。

河北省坝上及坝下高寒山区是我国裸燕麦的主产区, 张家口市农业科学院从 20 世纪 50 年代开始进行燕麦育种研究工作。多年来培育出 50 多个优质品种, 利用核不育基因育成冀张莜系列裸燕麦<sup>[6-8]</sup>, 坝莜 18 号更以 6333  $\text{kg}/\text{hm}^2$  创造了裸燕麦单产历史高产纪录<sup>[9]</sup>。

目前已探明产量、品质、抗性的关联性, 并进行一定程度关联性育种, 但仍基本是通过广撒网或者分子手段筛选优质品种。目前尚无结合观测性状和测量性状选育裸燕麦品种的较系统的报道。研究<sup>[10-11]</sup>表明, 对品种的多个质量和数量性状进行关联分析, 进而指导育种选择, 可以有效缩短育种时间, 提高育种质量。

农业农村部植物新品种测试张家口分中心 (以下简称张家口分中心) 是我国裸燕麦 DUS 测

试的主要机构, 承担着我国的裸燕麦申请品种保护和登记的 DUS 测试任务。本试验选用 2017–2022 年张家口分中心测试并出具 DUS 测试报告的 27 份裸燕麦品种, 这些品种都是近几年用于申请品种保护或品种登记的品种, 可以被认定是比较有代表性的优良品种。通过数据分析初步明确裸燕麦良种主要性状构成, 为裸燕麦育种研究提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2023 年在农业农村部植物新品种测试张家口分中心坝上基地 (114°39' E, 41°09' N) 进行, 该地海拔 1450 m, 土壤为砂质栗钙土, 肥力中等, 前茬作物为马铃薯。

### 1.2 试验材料

供试材料为 2017–2022 年由农业农村部植物品种保护办公室下发及申请人自主委托测试用于申请品种保护或品种登记的裸燕麦品种 27 份。供试品种已进行至少连续 2 个测试周期种植后均有稳定表现, 且已出具 DUS 测试报告。

### 1.3 试验设计

试验采用完全随机区组设计, 设 2 个重复, 6 行区, 小区面积为 10.0  $\text{m}^2$  (5.0 m×2.0 m), 于 2023 年 5 月 18 日采用人工开沟条播, 播深 2~3 cm, 行

作者简介: 付国庆, 研究方向为燕麦 DUS 测试及技术研究, E-mail: 15233135851@163.com

寇淑君为通信作者, 研究方向为 DUS 测试, E-mail: koushujun1986@163.com

基金项目: 农业农村部物种资源保护项目 (1120162130135396015)

收稿日期: 2024-09-27; 修回日期: 2024-12-02; 网络出版日期: 2025-03-28

距 0.3 m，播种密度 450 万粒/hm<sup>2</sup>。小区管理水平与大田一致。按照行业标准 NY/T 2355-2013《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 燕麦》<sup>[12]</sup>的具体要求进行田间种植，采用燕麦测试指南中规定的量化分级标准进行性状观测和数据采集。

1.4 性状调查统计

《植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 燕麦》中共列出 37 个基本性状，其中裸燕麦需要测试性状有 34 个，从中选取具有代表性对品种价值较有影响的 8 个观测性状（表 1）和 6 个测量性状[抽穗期（M1）、旗叶长（M2）、株高（M3）、穗长（M4）、千粒重（M5）和籽粒容重（M6）]。严格按照规定的观测时期，对每个观测性状分别进行群体观测，并给予相应的分级代码并记录；对每个测量性状至少选取 20 个典型植株取样，用测量工具逐个测量并记录，通过计算把所有品种每个性状的表达状态转换成相应分级代码。

表 1 观测性状 Table 1 Visual characteristics	
编号 Number	观测性状 Visual characteristic
V1	幼苗生长习性，1~3 分别代表直立、中间型、匍匐型
V2	幼苗绿色程度，1~3 分别代表浅、中、深
V3	植株旗叶下弯的比率，1~3 分别代表低、中、高
V4	穗分枝方向，1~3 分别代表单侧、中间型、四周
V5	茎粗，1~3 分别代表细、中、粗
V6	茎花青甙显色，1 和 9 分别代表无和有
V7	外稃长度，1~3 分别代表短、中、长
V8	籽粒形状，1~4 分别代表长筒形、纺锤形、椭圆形、卵圆形

1.5 数据处理

将采集到的数据按照测试指南中不同性状的观测方法分别进行统计。采用 Microsoft Excel 2010 软件进行数据整理和制作图表，并用 SPSS 25 软件进行相关性分析。对观测性状进行代码分布频次统计分析，分析群体品种测量性状间的相关性和品种间测量性状的变异情况，对测量性状相对集中的区间范围进行统计，对观测性状出现频次较高的品种进行测量性状关联分析。

2 结果与分析

2.1 供试品种的观测性状分析

2.1.1 代码频次分析 所选的 8 个观测性状均为

对品种产量与品质等较为重要的性状。不同品种在各性状间表现出不同程度的多样性（图 1）。27 份裸燕麦品种中，幼苗生长习性以直立为主，占比 74.1%；其次为中间型，占比 25.9%。幼苗绿色程度以中等为主，占比 55.6%，其次为深绿色和浅绿色，占比分别为 40.7%和 3.7%。植株旗叶下弯的比率以低为主，占比 55.6%，其余为中和高，占比均为 22.2%。穗分枝方向以四周为主，占比 81.5%，其次为中间和单侧，占比分别为 14.8%和 3.7%。茎粗以中为主，占比 85.2%，其次为细和粗，占比分别为 11.1%和 3.7%。茎花青素甙显色有和无占比分别为 63.0%和 37.0%。外稃长度以中为主，占比 88.9%，其余为长和短，分别占比 7.4%和 3.7%。籽粒形状以纺锤形为主，占比 37.1%，其次为椭圆形和卵圆形，占比分别为 33.3%和 29.6%。

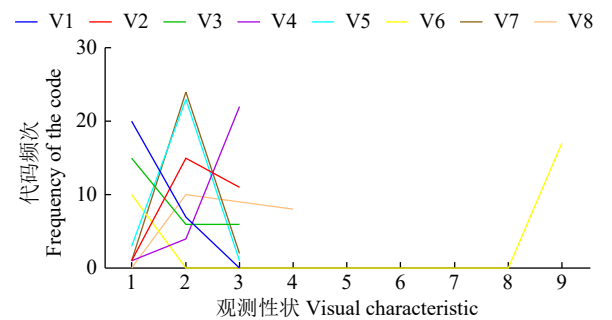


图 1 裸燕麦品种观测性状代码频次分布  
Fig.1 Frequency distribution of visual trait codes of *Avena nuda* varieties

2.1.2 观测性状频次较高品种的测量性状分析 观测性状频次较高的 6 个品种测量性状的离散程度和变异程度与 27 个试验品种的测量性状的离散程度和变异程度表现出基本相同的变化趋势（表 2-表 10）。离散程度最大的是籽粒容重，其次是株高、抽穗期、千粒重和旗叶长，最小的是穗长，表明不同品种籽粒容重差距很大，而穗长差距较小，即品种间籽粒容重跨度最大，穗长跨度最小。

变异程度较大的是千粒重和旗叶长，其次是抽穗期、穗长、株高，变异程度较小的是籽粒容重，表明千粒重和旗叶长在品种间表现出明显的特异性。

相关研究<sup>[13]</sup>表明，裸燕麦千粒重是决定种子产量的重要因素，且种子产量与千粒重呈极显著正相关（ $P<0.01$ ）。饲草产量与株高呈明显正相关。本试验测量性状中影响裸燕麦产量比较重要的 2 个

表 2 20 个幼苗生长习性为直立的品种的测量数据						
Table 2 The data of measured characteristics of 20 varieties with upright seedling growth habits						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	41.00	61.00	52.50	5.45	10.39	99.75
M2 (cm)	14.70	25.90	20.22	2.91	14.38	101.10
M3 (cm)	107.88	155.40	126.01	12.57	9.98	100.45
M4 (cm)	18.37	26.57	21.04	2.18	10.37	99.11
M5 (g)	18.72	37.45	27.06	3.84	14.18	103.38
M6 (g/L)	645.00	733.60	687.94	27.69	4.02	99.99

平均比值：平均值与 27 份材料相应性状平均值的比值。下同。  
Average R: the ratio of the mean value to the mean value of the corresponding characteristics of 27 materials. The same below.

表 3 15 个幼苗绿色程度为中的品种测量数据						
Table 3 The data of measured characteristics of 15 varieties with medium green seedling						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	47.00	63.00	54.07	4.53	8.37	102.73
M2 (cm)	14.70	25.90	20.54	2.90	14.11	102.69
M3 (cm)	106.90	155.40	126.44	14.60	11.55	100.79
M4 (cm)	19.37	26.57	22.06	2.10	9.51	103.92
M5 (g)	15.69	37.45	27.13	4.62	17.04	103.67
M6 (g/L)	645.00	733.60	680.54	27.24	4.00	98.92

表 4 15 个植株旗叶下弯的比率为低的品种的测量数据						
Table 4 The data of measured characteristics of 15 varieties with low frequency of plants with recurved flag leaves						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	43.00	63.00	53.60	5.72	10.67	101.84
M2 (cm)	14.70	22.30	18.81	2.16	11.47	94.04
M3 (cm)	106.90	138.50	122.83	8.51	6.93	97.91
M4 (cm)	18.37	24.11	20.74	1.79	8.65	97.69
M5 (g)	15.69	29.78	25.57	4.18	16.34	97.70
M6 (g/L)	660.50	720.20	693.82	15.77	2.27	100.85

表 5 22 个穗分枝方向为四周的品种的测量数据						
Table 5 The data of measured characteristics of 22 varieties with spike branching directions around						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	41.00	63.00	52.82	5.71	10.82	100.36
M2 (cm)	14.70	25.67	19.83	2.39	12.05	99.15
M3 (cm)	106.90	155.40	124.71	12.15	9.74	99.41
M4 (cm)	18.37	24.11	20.74	1.64	7.91	97.69
M5 (g)	15.69	30.05	25.70	3.96	15.43	98.18
M6 (g/L)	645.10	729.50	688.15	22.82	3.32	100.03

表 6 23 个茎粗为中的品种的测量数据						
Table 6 The data of measured characteristics of 23 varieties with medium stem thickness						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV(%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	41.00	61.00	52.91	4.72	8.92	100.54
M2 (cm)	14.70	25.90	20.00	2.93	14.65	100.01
M3 (cm)	107.88	155.40	127.33	11.92	9.36	101.50
M4 (cm)	18.37	26.57	21.07	2.10	9.97	99.25
M5 (g)	18.72	37.45	27.10	3.52	12.98	103.54
M6 (g/L)	645.00	733.60	686.47	27.07	3.94	99.78

表 7 17 个茎花青素貳显色为有的品种的测量数据

Table 7 The data of measured characteristics of 17 varieties with anthocyanin glycosides colored stems						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	41.00	61.00	51.71	5.61	10.85	98.24
M2 (cm)	15.05	25.67	19.89	2.51	12.61	99.46
M3 (cm)	113.45	155.40	126.62	9.81	7.75	100.94
M4 (cm)	18.62	24.11	20.82	1.68	8.08	98.08
M5 (g)	15.69	30.05	25.24	4.37	17.33	96.42
M6 (g/L)	645.10	729.50	689.06	20.62	2.99	100.16

表 8 24 个外稃长度为中的品种的测量数据

Table 8 The data of measured characteristics of 24 varieties with medium length lemma						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	41.00	63.00	52.54	5.32	10.13	99.83
M2 (cm)	14.70	25.90	19.88	2.84	14.27	99.42
M3 (cm)	106.90	155.40	125.41	12.10	9.65	99.97
M4 (cm)	18.37	26.57	21.15	2.01	9.51	99.62
M5 (g)	15.69	37.45	25.94	4.56	17.57	99.12
M6 (g/L)	645.00	733.60	685.99	25.87	3.77	99.71

表 9 10 个籽粒形状为纺锤形的品种的测量数据

Table 9 The data of measured characteristics of ten varieties with fusiform grain						
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)	平均比值 Average R (%)
M1 (d)	47.00	63.00	54.20	4.42	8.15	102.98
M2 (cm)	17.52	23.57	20.98	2.15	10.26	104.91
M3 (cm)	106.90	155.40	128.70	17.12	13.30	102.59
M4 (cm)	18.37	26.57	21.86	2.53	11.57	102.97
M5 (g)	21.64	30.11	26.87	2.59	9.65	102.65
M6 (g/L)	645.00	720.20	678.86	28.47	4.19	98.68

表 10 27 个裸燕麦品种的测量性状变异分析

Table 10 Analysis on the variation of measured characteristics of 27 <i>Avena nuda</i> varieties							
性状 Characteristic	最小值 Min.	最大值 Max.	平均值 Mean	标准差 SD	变异系数 CV (%)	分布区间 Distribution interval	比率 Ratio (%)
M1 (d)	41.00	63.00	52.63	5.26	9.99	47~55（中早~中晚）	74.07
M2 (cm)	14.70	25.90	20.00	2.78	13.92	19.4~22.3（短~中或中）	77.78
M3 (cm)	106.90	155.40	125.45	12.06	9.61	117.9~138.0（中~高）	81.48
M4 (cm)	18.37	26.57	21.23	2.09	9.84	19.9~25.5（中~中长）	85.19
M5 (g)	15.69	37.45	26.17	4.38	16.73	25.6~28.6（中~中高）	70.37
M6 (g/L)	645.00	733.60	687.97	25.27	3.67	677.0~701.5（中~高）	70.00

比率表示在分布区间内的品种数占总品种数的百分比。  
The ratio represents the percentage of the number of varieties in the distribution interval to the total number of varieties.

性状是千粒重和株高。在本试验中观测性状频次较高的品种与供试 27 个品种表现出不同的比值。

观测性状频次较高的茎花青素貳显色为有和外稃长度为中的品种千粒重平均比值小于 100.00%，分别为 96.42%和 99.12%；其余观测频次较高的穗分枝方向为四周、旗叶下弯比率为低、籽粒形状为纺锤形、幼苗生长习性为直立、茎粗为中，幼苗绿色程度为中的品种千粒重平均比值均大于 100.00%，分别为 100.13%、100.54%、102.65%、

103.38%、103.54%和 103.67%。

观测性状频次较高的植株旗叶下弯比率为低、穗分枝方向为四周和外稃长度为中的株高平均比值均小于 100.00%，分别为 97.91%、99.41%和 99.97%；其余观测频次较高的幼苗生长习性为直立、幼苗绿色程度为中、茎花青素貳显色为有、茎粗为中、籽粒形状为纺锤形的品种株高平均比值均大于 100.00%，分别为 100.45%、100.79%、100.94%、101.50%、102.59%。

2.2 供试品种的测量性状分析

2.2.1 测量性状变化分析 不同品种间各测量性状的差异较大(表 10)，其中千粒重变异系数最大为 16.73%，其次为旗叶长，为 13.92%，其余依次为抽穗期(9.99%)、穗长(9.84%)、株高(9.61%)和籽粒容重(3.67%)。74.07%的品种抽穗期为中早到中晚。77.78%的品种植株旗叶长为短到中或中，即旗叶中或中偏短。81.48%的品种株高为中到高，即株高偏高。85.19%的品种穗长为中到中长。70.37%品种千粒重为中到中高。70.00%的品种籽粒容重为中到高，即容重较高。

2.2.2 相关性分析 植物农艺性状之间一般是关联的，某些性状通过其他性状的间接作用会影响产量高低或品质好坏。性状相关性的分析可以对品种的选育进行进一步指导。对裸燕麦的 8 个观测性状

和 6 个测量性状进行相关性分析(表 11)表明，籽粒容重和株高呈极显著负相关( $P<0.01$ )，相关系数为-0.516，表明裸燕麦株高越高，籽粒容重越小。幼苗绿色程度与抽穗期呈负相关( $P<0.05$ )，相关系数为-0.392。植株旗叶下弯的比率与旗叶长呈极显著正相关( $P<0.01$ )，相关系数为 0.507。穗分枝方向与穗长呈极显著负相关( $P<0.01$ )，相关系数为-0.588，表明穗长越长，穗分枝方向越少、越偏向一侧。茎粗与抽穗期和千粒重均呈极显著正相关( $P<0.01$ )，相关系数分别为 0.518 和 0.530。幼苗绿色程度和茎花青素甙显色呈极显著正相关( $P<0.01$ )，相关系数为 0.651。籽粒形状与容重和茎花青素甙显色均呈正相关( $P<0.05$ )，与幼苗绿色程度呈极显著正相关( $P<0.01$ )，与茎粗度呈极显著负相关( $P<0.01$ )。

表 11 14 个性状间的相关系数  
Table 11 The correlation coefficients of 14 characteristics

指标 Index	M1	M2	M3	M4	M5	M6	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
M1	1.000													
M2	-0.069	1.000												
M3	0.299	-0.034	1.000											
M4	0.223	0.305	0.317	1.000										
M5	0.322	0.165	0.136	-0.062	1.000									
M6	-0.226	0.358	-0.516**	-0.054	-0.024	1.000								
V1	0.042	-0.134	-0.080	0.154	-0.348	0.003	1.000							
V2	-0.392*	-0.141	0.061	-0.224	-0.190	0.127	0.215	1.000						
V3	-0.232	0.507**	0.315	0.322	0.139	-0.250	-0.380	-0.218	1.000					
V4	0.055	-0.034	-0.181	-0.588**	-0.101	0.141	-0.076	0.164	-0.365	1.000				
V5	0.518**	0.165	0.052	-0.087	0.530**	-0.133	-0.108	-0.223	0.160	-0.088	1.000			
V6	-0.234	-0.048	0.131	-0.259	-0.285	0.057	0.279	0.651**	-0.313	0.274	-0.353	1.000		
V7	-0.187	0.245	-0.080	0.205	0.040	0.187	-0.066	-0.276	0.183	-0.175	0.022	-0.377	1.000	
V8	-0.377	-0.093	-0.290	-0.038	-0.207	0.459*	0.158	0.554**	-0.316	0.234	-0.500**	0.402*	-0.265	1.000

“\*\*”表示在 0.01 水平上极显著相关，“\*”表示在 0.05 水平上显著相关。  
“\*\*” indicates extremely significant correlation at 0.01 level, “\*” indicates significant correlation at 0.05 level.

3 讨论

本试验首次较系统地利用裸燕麦多个观测性状和测量性状及其相关性对裸燕麦品种选育的性状选择趋势进行了分析。

植株叶姿反映了株型紧凑程度，株型紧凑有利于提高光能利用，防止田间郁闭而影响产量，植株生长习性和旗叶下弯比率均与植株紧凑程度明显相关，本试验 74.1%的品种生长习性为直立，55.6%的品种旗叶下弯的比率为低，这与刘晓辉等<sup>[14]</sup>育种应选育叶片上冲的密植型品种观点相一致。建议选

育植株生长习性为直立和旗叶下弯比率低即紧凑直立型品种。

幼苗绿色程度反映了裸燕麦苗期颜色。幼苗颜色不同会影响植株的光合作用和后期产量，绿色幼苗净光合速率高，利于有机物的合成和积累，而叶绿素含量较低易出现发育迟缓及减产的情况<sup>[15]</sup>；叶绿素含量高，植株绿色程度也高，易出现因过度营养生长而导致籽粒减产情况。

本试验中，幼苗绿色程度与抽穗期呈负相关( $P<0.05$ )，相关系数为-0.392，表明植株幼苗绿色程度越高，营养生长时间越长，幼苗绿色程度为

中等绿色的品种占 55.6%，深绿色占比 40.7%，均明显高于浅绿色品种。裸燕麦是我国重要的粮食作物，也是适合食用的高营养谷物<sup>[16]</sup>，同时也是我国重要的青贮作物<sup>[17]</sup>。本试验幼苗绿色程度中等绿色及以上品种占比达到 96.3%，该类品种既可粮用，也可饲用。也说明目前我国裸燕麦育种方向正逐步转向粮饲并重，而非单一侧重籽粒产量。建议粒用燕麦选育选叶片绿色程度中等，兼用型选深绿色。

在我国北方裸燕麦产区，生长期间常遇到相对集中的大风降雨天气，极易发生倒伏，倒伏已成为裸燕麦生产中面临的主要问题之一<sup>[18]</sup>，植株茎秆粗度与抗倒伏正相关。茎色与植物抗逆性<sup>[19-20]</sup>相关。本试验中茎粗为中以上品种占比 88.9%，茎花青素甙显色为有的品种占比 63.0%，说明茎秆粗和茎花青素甙显色有利于提高植株抗倒伏和抗逆性。

观测性状频次较高茎花青素甙显色为有的品种千粒重平均比值为 96.42%，明显小于 100.00%，说明可能会降低籽粒产量，该性状又与植株抗逆性相关，是否说明显色性状更有利或不利于品种的产量和品质，有待进一步研究。幼苗生长习性为直立、茎粗为中、幼苗绿色程度为中的千粒重平均比值均大于 103.0%，说明其有利于提高籽粒产量。

观测性状频次较高的植株旗叶下弯的比率为低的株高平均比值为 97.91%，小于 100.00%，说明可能会降低株高，进而降低饲草产量。其余观测频次较高的幼苗生长习性为直立、幼苗绿色程度为中、茎花青素甙显色为有、茎粗为中、籽粒形状为纺锤形的株高平均比值均大于 100%，有利于提高饲草产量。

目前裸燕麦产业关注的重点仍是产量，包括用作粮食的籽粒产量和用作饲草的茎秆产量。影响产量的性状包括抽穗期、株高、千粒重等<sup>[21]</sup>，抽穗期晚的水稻品种其穗长、每穗实粒数和总粒数均显著高于抽穗期早的品种<sup>[22]</sup>。综合本试验数据幼苗绿色程度与抽穗期呈负相关（ $P < 0.05$ ），表明植株幼苗绿色程度越高，营养生长时间越短。植株旗叶下弯的比率与旗叶长度呈极显著正相关（ $P < 0.01$ ），表明旗叶越长下弯比率越高，即株型越松散。茎粗与抽穗期和千粒重均呈极显著正相关，表明抽穗期越长，茎秆越粗，千粒重越大。幼苗绿色程度和茎花青素甙显色呈极显著正相关（ $P < 0.01$ ），表明幼苗颜色越深，茎秆显色比率显著提高。建议选育

幼苗绿色程度中等以上和抽穗期中晚的品种，既能提高籽粒或茎秆产量，同时也能提高茎秆粗和茎秆显色比率，从而提高品种抗性。

饲用裸燕麦因高蛋白特性成为优质的饲料作物，富含多种蛋白质的氨基酸组分位居饲料作物的首位，随着近几年裸燕麦食品的开发，裸燕麦品质越来越受到重视。目前未见裸燕麦千粒重与蛋白质含量的相关性分析，但同类作物谷子的蛋白质含量与千粒重呈显著正相关<sup>[23]</sup>。研究<sup>[24]</sup>表明，裸燕麦千粒重平均值在 20 g 左右，本试验中裸燕麦千粒重平均值为 26.17 g，反映出千粒重是育种关注的重要性状，因此建议选择千粒重中到大的品种。

## 4 结论

本试验对 27 份申请品种权保护或登记的裸燕麦材料进行性状数据采集分析，建议选育植株生长习性为直立和旗叶下弯比率低即紧凑直立型品种；叶片绿色程度籽粒用燕麦选中等绿色品种，兼用型选深绿色的品种；茎秆花青素甙显色选择有的品种，虽然可能有一定概率是较低产量品种，但有利于提高品种抗倒性以避免因倒伏大量减产甚至绝收；抽穗期选择中晚的品种，既能提高籽粒或茎秆产量，同时也能提高茎秆粗和茎秆显色比率，提高品种抗性；千粒重选择中到大的品种。

初步得到适宜我国优良裸燕麦品种选育的主要性状参数范围，即生育期：抽穗期 50~55 d；植株性状：幼苗生长习性直立、叶片中等绿色、旗叶长度 20~22 cm、旗叶下弯比率较低、株高 120~140 cm、茎秆粗壮显色；穗部及籽粒性状：外稃长度中等、穗长 20~25 cm、籽粒千粒重 26~28 g、籽粒容重 680~700 g/L。

## 参考文献

- [1] 李颖, 毛培胜. 燕麦种质资源研究进展. 安徽农业科学, 2013, 41(1): 72-76.
- [2] Bratt K, Sunnerheim K, Bryngelsson S, et al. Avenanthramides in oats (*Avena sativa* L.) and structure-antioxidant activity relationships. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(3): 594-600.
- [3] 赵世锋, 田长叶, 王志刚, 等. 我国燕麦生产和科研现状及未来发展方向. 杂粮作物, 2007(6): 428-431.
- [4] 周萍萍, 颜红海, 彭远英. 基于高通量 GBS-SNP 标记的栽培燕麦六倍体起源研究. 作物学报, 2019, 45(10): 1604-1612.
- [5] 赵秀芳, 戎郁萍, 赵来喜. 我国燕麦种质资源的收集和评价. 草业科学, 2007(3): 36-40.
- [6] 田长叶, 赵世锋, 陈淑萍, 等. 裸燕麦新品种坝蓂 1 号. 作物

- 杂志, 2001(5): 41.
- [7] 李云霞, 田长叶, 赵世峰, 等. 优质加工型裸燕麦新品种坝蓓 8 号选育及推广应用. 河北农业科学, 2016, 20(6): 81-84, 89.
- [8] 杨才, 周海涛, 张新军, 等. 利用核不育蓓麦 ZY 基因育成优质高蛋白燕麦新品种“冀张燕 1 号”. 河北北方学院学报(自然科学版), 2009, 25(1): 39-41.
- [9] 葛军勇, 田长叶, 李云霞, 等. 张家口市农业科学院召开千亩“坝蓓 18 号”蓓麦新品种现场会. 现代农村科技, 2016(18): 76.
- [10] 周海涛, 郝彩环, 纪军建, 等. 吉林省玉米品种基本性状的选择趋势分析. 东北农业科学, 2016, 41(4): 18-21.
- [11] 张坤, 颜红波, 周青平, 等. 42 份燕麦种质资源农艺性状多样性研究. 青海大学学报(自然科学版), 2014, 32(4): 11-16, 26.
- [12] 中华人民共和国农业部. 植物新品种特异性、一致性和稳定性测试指南 燕麦: NY/T 2355-2013. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- [13] 景芳, 边芳, 任生兰, 等. 半干旱地区燕麦种子产量及其相关农艺性状. 草业科学, 2024, 41(2): 356-370.
- [14] 刘晓辉, 侯长俞, 张喜文. 谷子超高产育种问题探讨. 吉林农业科学, 1999(2): 29-31.
- [15] 李传宗, 智慧, 汤沙, 等. 黄金苗谷子苗期黄色的生理基础和黄苗基因初定位. 植物遗传资源学报, 2020, 21(5): 1068-1077.
- [16] 吴绍函, 沈群, 谭斌, 等. 燕麦 $\beta$ -葡聚糖对肠道的保健作用研究进展. 食品工业科技, 2012, 33(17): 388-390, 394.
- [17] 贾志锋. 施氮量和播种密度对高寒区裸燕麦种子产量及其相关性状的影响研究. 兰州: 甘肃农业大学, 2021.
- [18] 康勇建, 赵宝平, 武俊英, 等. 追氮时期对饲用燕麦茎秆理化特性和抗倒性的影响. 草地学报, 2020, 28(6): 1775-1783.
- [19] Laikova L I, Arbuzova V S, Efremova T T, et al. Genetic analysis of anthocyanin pigmentation of the anthers and culm in common wheat. Russian Journal of Genetics, 2005, 41(10): 1428-1433.
- [20] 袁文娟, 覃鸿妮, 王旭, 等. 玉米雄穗颜色的 QTL 分析. 植物遗传资源学报, 2013, 14(2): 289-297.
- [21] 蔡丽艳, 宋志萍, 徐静, 等. 18 份燕麦属牧草种质材料的鉴定与评价. 中国草地学报, 2007, 29(4): 21-27.
- [22] 向佳, 李燕, 樊亚伟, 等. 一个具有主效晚抽穗基因的水稻染色体片段代换系的鉴定、形态分析及 *Ehd4-2* 定位. 作物学报, 2015, 41(5): 683-691.
- [23] 杨延兵, 秦岭, 陈二影, 等. 谷子籽粒蛋白质、脂肪、千粒重的遗传变异. 植物遗传资源学报, 2017, 18(5): 819-829.
- [24] 沈吉成, 王蕾, 赵彩霞, 等. 77 份裸燕麦品种籽粒相关性状分析. 草业学报, 2022, 31(3): 156-167.

## Analysis of *Avena nuda* Bred in China Based on DUS Test Characteristics

Fu Guoqing, Ji Junjian, Huo Ahong, Chen Lingwei, Wang Yao,  
Zuo Zhenxing, Ge Junyong, Kou Shujun

(Zhangjiakou Academy of Agricultural Sciences/Zhangjiakou Sub-Center for New Plant Variety Tests,  
Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Zhangjiakou 075000, Hebei, China)

**Abstract** The characteristics and the data were observed and collected from 27 *Avena chinensis* varieties that have applied for variety protection and registration in China in the 2017-2022. According to data statistics, it was found that the growth habit of the seedling stage was upright, which accounted for 74.1%; the green degree of seedling was concentrated in medium and strong, which accounted for 96.3%; the recurved flag leaves was low, which accounted for 55.6%; 81.5% of the spike branch direction were around; 85.2% of the stem thickness were medium; 63.0% of the stems were anthocyanin glycosides colored; 88.9% of the length of lemma were medium; the grain shapes include spindle shaped elliptical and oval shaped, with little difference, and no elongated cylindrical shape; the time of panicle emergence of 74.07% varieties concentrated in the medium early to medium late; 77.78% of the flag leaf length of the varieties were medium or slightly short; 81.48% of the plant height of the varieties were medium to high; 85.19% of the panicle length of the varieties were medium to medium length; 70.37% of the 1000-grain weight of the varieties were medium to medium high; 70.00% of the grain volume weight of the varieties were medium to high. The results of the DUS test traits showed that the main phenotypic characteristics of excellent *Avena nuda* varieties in China as below: the growth habit of the seedling stage is upright, the green degree of seedling is medium, the flag leaves length is about 20-22 cm and the frequency of plants with recurved flag leaves was low, the time of panicle emergence is about 50-55 day, the plant height is about 120-140 cm, the stem is thick and colorful, the length of lemma is medium, the panicle length is about 20-22 cm, the 1000-grain weigh is about 26-28 g, the grain volume weight is about 680-700 g/L.

**Key words** *Avena nuda*; DUS test; Characteristics; Breeding