

# 氮肥施用对不同燕麦品种生长发育的影响

武盼<sup>1,2</sup> 王运涛<sup>2,3\*</sup> 杨志敏<sup>4</sup>

1.甘肃农业大学,兰州 730070;2.张家口学院,河北张家口 075000;3.中国农业科学院草原研究所,呼和浩特 010010;4.张家口市农业科学院,河北张家口 075000

**摘要** 为了探究不同燕麦品种的适宜施氮量,优化燕麦施肥管理,为燕麦生产提供理论支撑,以青引 1 号、领袖和青燕 1 号 3 个燕麦品种为试验材料,进行盆栽施氮处理,测定株高、茎叶比、根冠比、鲜干比和生物量等指标。试验结果显示:随施氮量的增加,株高和总生物量呈先升后降的趋势;茎叶比呈先升后降再升的趋势;根冠比呈先降后升的趋势;鲜干比呈先降后升再降的趋势。在施氮量接近 60~90 kg/hm<sup>2</sup> 时,燕麦生物量较高且品质较好;燕麦品种领袖的综合表现较好,可将其作为优势品种加以推广利用。

**关键词** 燕麦;施氮量;盆栽;形态学;产量

燕麦(*Avena sativa* L.)是禾本科一年生草本植物,可用作牧草、饲料与粮食<sup>[1]</sup>。燕麦主要包括皮燕麦和裸燕麦两大类,皮燕麦在世界范围内被广泛种植,而我国的主要栽培类型是裸燕麦<sup>[2-3]</sup>。作为饲草作物,燕麦具有耐旱、耐寒、抗盐碱、抗贫瘠、抗病虫害等特性,还具有营养高、茎叶软、适口性好等优点,可用于青饲或制作青贮以及调制青干草<sup>[4]</sup>。另外,燕麦须根发达,分蘖多,地上覆盖面积大,有利于减少风沙侵袭与水分流失,提高有机物在土壤中的含量<sup>[5]</sup>。作为粮食作物,燕麦籽实含有丰富的营养物质,对“三高”人群及结肠癌、动脉硬化和糖尿病患者有益<sup>[6]</sup>。

长期以来,燕麦生产中存在许多问题,其中限制燕麦生产的因素之一是产量低下,且在燕麦的实际生产中一直存在施肥过多或过少的问题。本研究以青引 1 号、青燕 1 号和领袖 3 个燕麦品种为研究对象,探究各燕麦品种生长发育最适宜的施氮量以及在相同施氮量下不同品种生长发育的差异,以期筛选出最适合燕麦生长发育的施氮量及生物产量

较高的燕麦品种,为燕麦产业发展提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验在河北省石家庄市井陘县北正乡中乐村的温室大棚内进行,试验期间大棚内日间平均温度为 16 ℃,夜间平均温度为 8 ℃。

### 1.2 试验材料

本试验所用燕麦品种分别为青引 1 号、青燕 1 号和领袖,均由张家口市农业科学院提供。

### 1.3 试验方法

于 2020 年 2 月 7 日在每个加仑盆(上直径 12 cm、下直径 9.5 cm、高 13 cm、容积约 1.5 L)中装入 1.5 L 等量土,挑选籽粒饱满的燕麦种子均匀播入盆中,每盆 12 粒,播种深度为 2~3 cm,注意播种时尽量靠近盆中央,避免边缘效应的影响。待种子出芽后,定期浇水。在燕麦两叶期时,进行间苗,每盆留下长势均匀的幼苗 7 株。本试验采用单因素随机区组设计,如表 1 所示,试验中设置 8 个氮肥水平:N0 (0 g/盆)、

收稿日期:2020-08-12

基金项目:河北省重点研发项目(19226362D);河北省重点研发项目(19226424D);张家口学院张家口地区草地资源保护与利用科研团队

\* 通讯作者

武盼,女,1997 年生,硕士研究生在读。

表 1 试验设计

处理	氮肥/(g/盆)	氮肥/(kg/hm <sup>2</sup> )
N0	0	0
N1	0.1	30
N2	0.2	60
N3	0.3	90
N4	0.4	120
N5	0.5	150
N6	0.6	180
N7	0.7	210

N1(0.1 g/盆)、N2(0.2 g/盆)、N3(0.3 g/盆)、N4(0.4 g/盆)、N5(0.5 g/盆)、N6(0.6 g/盆)、N7(0.7 g/盆),每个水平 3 次重复。供试氮肥为含 N 46%的尿素,基肥(占总施肥量的 2/3)于以深施覆土的方式施入土壤,追肥(占总施肥量的 1/3)于 2 月 23 日以表面撒施的方式施入土壤,施肥后需立即浇水。试验期间不定期清除杂草,于 4 月 21 日进行相关指标测定。

#### 1.4 测定指标

1)株高:用直尺测量植株从地表到顶端的垂直高度,每个处理测量 7 株。

2)鲜重、干重:于 4 月 21 日齐地刈割后,将茎、叶分离,并将根系挖出,去除杂土,清洗干净,分别称其重量,记录根、茎、叶的鲜重,每个处理测量 7 株。将测完鲜重的根、茎、叶自然风干,直至 2 次测得的结果一样时,即为各自的干重,并计算根冠比、茎叶比和鲜干比。

$$\text{茎叶比} = \frac{\text{茎干重}}{\text{叶干重}} \times 100\%$$

$$\text{根冠比} = \frac{\text{根系干重}}{\text{茎叶干重}} \times 100\%$$

$$\text{鲜干比} = \frac{\text{植株鲜重}}{\text{植株干重}} \times 100\%$$

#### 1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 2019 进行数据整理,SPSS 24 进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施氮量对燕麦株高的影响

供试燕麦品种的株高明显受施氮水平的影响。如表 2 所示,青引 1 号与青燕 1 号燕麦的株高均随施氮量的增多呈现先升高后降低的趋势。其中青引

1 号燕麦植株在施氮量为 90 kg/hm<sup>2</sup> 时最高,且与其他施氮量间差异显著( $P < 0.05$ ),但当施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup> 时与对照差异不显著( $P > 0.05$ ),而施氮量超过 150 kg/hm<sup>2</sup> 后的株高均低于对照。青燕 1 号燕麦植株在施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时最高,与其他施氮量间差异显著( $P < 0.05$ ),但施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时与对照差异不显著( $P > 0.05$ ),且施氮量超过 120 kg/hm<sup>2</sup> 后的株高均低于对照。领袖燕麦的株高随施氮量的增多出现 2 个高峰,分别为施氮量 30、150 kg/hm<sup>2</sup>, 2 个施氮量间的株高差异显著( $P < 0.05$ ),其中植株最高时的施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup>,且二者均与其他施氮量间差异显著( $P < 0.05$ )。

不同燕麦品种在同一施氮量下的株高差异明显。由表 2 可知,在施氮量为 180 kg/hm<sup>2</sup> 时,青引 1 号与领袖燕麦的株高差异不显著( $P > 0.05$ ),而在其他施氮量下,3 个燕麦品种的株高均有显著差异( $P < 0.05$ ),青燕 1 号燕麦的株高明显低于其他 2 个燕麦品种,青引 1 号燕麦的株高除了在施氮量 30、150 kg/hm<sup>2</sup> 时低于领袖燕麦,在其他施氮量下,前者株高均高于后者。

### 2.2 不同施氮量对燕麦茎叶比的影响

供试燕麦品种的茎叶比明显受施氮水平的影响。如表 3 所示,青引 1 号与青燕 1 号燕麦的茎叶比随施氮量的增加呈先升后降再升的趋势。其中青引 1 号燕麦在施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时,茎叶比最低,与超过此施氮量下的茎叶比差异不显著( $P > 0.05$ ),但与低于此施氮量下的茎叶比差异显著( $P < 0.05$ ),且当施氮量  $\geq 60$  kg/hm<sup>2</sup> 时,茎叶比均低于对照。青燕 1 号燕麦在不施氮时,茎叶比最低,与施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时差异不显著( $P > 0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P < 0.05$ )。领袖燕麦的茎叶比随施氮量的增

表 2 不同施氮量对燕麦株高的影响

cm

品种	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> )							
	0	30	60	90	120	150	180	210
青引 1 号	33.77±0.42Ac	33.93±0.15Bc	34.87±0.40Ab	37.53±0.25Aa	34.80±0.30Ab	31.60±0.66Bd	29.37±0.25Ae	29.23±0.15Ae
领袖	31.87±0.83Bc	34.74±0.15Aa	27.73±0.31Cf	28.6±0.26Bde	31.47±0.65Bc	32.73±0.45Ab	28.80±0.46Ad	27.83±0.25Bef
青燕 1 号	26.43±0.25Cc	27.57±0.31Cb	28.80±0.46Ba	27.23±0.45Cb	26.17±0.45Ccd	25.73±0.55Cd	24.57±0.25Be	23.53±0.35Cf

注:不同小写字母表示同一品种不同施氮量间差异显著( $P<0.05$ );不同大写字母表示同一施氮量不同品种间差异显著( $P<0.05$ ),相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ ),下同。

表 3 不同施氮量对燕麦茎叶比的影响

%

品种	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> )							
	0	30	60	90	120	150	180	210
青引 1 号	3.03±0.04Ba	3.05±0.14Aa	3.01±0.16Ba	2.61±0.05Bb	2.21±0.07Bc	2.26±0.12Bc	2.31±0.11Bc	2.35±0.04Bc
领袖	3.23±0.07Abcd	3.04±0.08Ad	3.41±0.17Aabc	3.45±0.16Aab	3.39±0.10Aabc	3.18±0.09Acd	3.55±0.14Aa	3.59±0.15Aa
青燕 1 号	1.11±0.01Cb	1.28±0.01Ba	1.17±0.04Cb	1.28±0.01Ca	1.32±0.03Ca	1.32±0.03Ca	1.32±0.05Ca	1.33±0.12Ca

加出现 2 个低峰,其中在施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup>时,茎叶比最低,与对照及施氮量为 150 kg/hm<sup>2</sup>时差异不显著( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ ),且二者的茎叶比均低于对照,其他施氮量下均高于对照。

不同燕麦品种在同一施氮量下的茎叶比差异明显。由表 3 可知,当施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup>时,青引 1 号与青燕 1 号燕麦的茎叶比差异不显著( $P>0.05$ ),而在其他施氮量下,3 个燕麦品种的茎叶比均差异显著( $P<0.05$ ),且大小依次为:领袖>青引 1 号>青燕 1 号。

### 2.3 不同施氮量对燕麦根冠比的影响

供试燕麦品种的根冠比明显受施氮水平的影响。如表 4 所示,青引 1 号与领袖燕麦的根冠比随施氮量的增加呈先降后升的趋势,而青燕 1 号燕麦的根冠比随施氮量的增加而升高。其中青引 1 号燕麦在施氮量为 90 kg/hm<sup>2</sup>时,根冠比最低,与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ ),但其他施氮量间差异不显著( $P>0.05$ ),且施氮下的根冠比均低于对照。领袖燕麦在施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup>时,根冠比最低,与施氮量为 60、90 kg/hm<sup>2</sup>时差异不显著( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ ),且施氮量 $\geq 120$  kg/hm<sup>2</sup>时的根冠比均高于对照。青燕 1 号燕麦在不施氮时,根冠比最低,与施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup>时差异不显著( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ )。

不同燕麦品种在同一施氮量下的根冠比差异

明显。由表 4 可知,当施氮量为 60、90 kg/hm<sup>2</sup>时,领袖与青燕 1 号燕麦的根冠比差异不显著( $P>0.05$ ),而在其他施氮量下,3 个燕麦品种的根冠比均有显著差异( $P<0.05$ ),且青引 1 号燕麦的根冠比显著低于其他 2 个燕麦品种( $P<0.05$ )。

### 2.4 不同施氮量对燕麦鲜干比的影响

供试燕麦品种的鲜干比明显受施氮水平的影响。如表 5 所示,3 个燕麦品种的鲜干比均随施氮量增多呈先降后升再降的趋势。其中青引 1 号燕麦在施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup>时,鲜干比达最高为 3.55,与施氮量 150 kg/hm<sup>2</sup>无显著差异( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ );且当施氮量 $\geq 120$  kg/hm<sup>2</sup>时的鲜干比均高于对照。领袖燕麦在施氮量 90 kg/hm<sup>2</sup>时,鲜干比达最高为 3.83,与施氮量 120、150 kg/hm<sup>2</sup>无显著差异( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ ),且当施氮量介于 90 和 150 kg/hm<sup>2</sup>之间的鲜干比均高于对照。青燕 1 号燕麦在施氮量 90 kg/hm<sup>2</sup>时,鲜干比达最高为 1.78,与对照无显著差异( $P>0.05$ ),与其他施氮量间差异显著( $P<0.05$ ),且除施氮量为 90 kg/hm<sup>2</sup>外鲜干比均低于对照。

不同燕麦品种在同一施氮量下的鲜干比差异明显。由表 5 可知,当施氮量为 150 kg/hm<sup>2</sup>时,青引 1 号与领袖燕麦的鲜干比差异不显著( $P>0.05$ ),而在其他施氮量下,3 个燕麦品种的鲜干比均差异显著( $P<0.05$ ),且大小依次为:领袖>青引 1 号>青燕 1 号。

### 2.5 不同施氮量对燕麦总生物量的影响

供试燕麦品种的总生物量明显受施氮水平的影响。如表 6 所示,青引 1 号与青燕 1 号燕麦的总生物量均随施氮量增多而先增后减,领袖燕麦的总生物量随施氮量增多出现 2 个高峰。其中,青引 1 号燕麦的总生物量在施氮量为 90 kg/hm<sup>2</sup> 时达最大为 3.08 g,与对照差异不显著 ( $P>0.05$ ),但与超过此施氮量下的总生物量差异显著 ( $P<0.05$ )。青燕 1 号燕麦的总生物量在施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时达最大为 3.59 g,与其他施氮量间差异显著 ( $P<0.05$ ),除施氮量 90 kg/hm<sup>2</sup> 与对照差异不显著 ( $P>0.05$ ),其他施氮量间均差异显著 ( $P<0.05$ )。领袖燕麦的总生物量在施氮量为 30 kg/hm<sup>2</sup> 时达最大为 5.39 g,与其他施氮量间差异显著 ( $P<0.05$ ),除施氮量 120 kg/hm<sup>2</sup> 与对照差异不显著 ( $P>0.05$ ),其他施氮量间均差异显著 ( $P<0.05$ )。3 个燕麦品种的总生物量在施氮量  $\geq 120$  kg/hm<sup>2</sup> 时均低于对照,且二者存在显著差异 ( $P<0.05$ )。

不同燕麦品种在同一施氮量下的总生物量差异明显。由表 6 可知,当施氮量为 60 kg/hm<sup>2</sup> 时,领

袖与青燕 1 号燕麦差异不显著 ( $P>0.05$ );当施氮量为 120 kg/hm<sup>2</sup> 时,青引 1 号与青燕 1 号燕麦差异不显著 ( $P>0.05$ );而在其他施氮量下,3 个燕麦品种的总生物量均差异显著 ( $P<0.05$ );除施氮量 30、60 kg/hm<sup>2</sup> 外,3 个燕麦品种的总生物量大小依次为:领袖>青引 1 号>青燕 1 号。

## 3 讨论

### 3.1 氮肥对燕麦株高的影响

株高是衡量燕麦生长发育状况的重要指标。本试验研究发现,随着施氮量的增加,燕麦株高基本呈现先升高后降低的趋势,这与孙建平<sup>[7]</sup>的研究结果一致。而才让吉等<sup>[8]</sup>的研究指出,单施氮肥时各个水平施氮量均对燕麦植株差异不显著,这与本试验结果不一致,可能与试验环境和施氮水平的不同有关。3 个燕麦品种分别在不同施氮量下达到最大值,可见不同燕麦品种的适宜施氮量不同。大量研究也表明,在一定范围内增大施氮量可使株高增加,但超过一定阈值后,则会阻碍株高增加。而张文明<sup>[9]</sup>的研究指出,施用氮肥的株高均高于不施用氮

表 4 不同施氮量对燕麦根冠比的影响

%

品种	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> )							
	0	30	60	90	120	150	180	210
青引 1 号	0.45±0.005Ca	0.44±0.004Ca	0.42±0.002Ba	0.36±0.009Bb	0.44±0.009Ca	0.44±0.017Ca	0.44±0.007Ca	0.44±0.019Ca
领袖	0.73±0.002Aa	0.66±0.005Ab	0.67±0.032Ab	0.67±0.005Ab	0.74±0.004Aa	0.74±0.011Ba	0.74±0.006Ba	0.74±0.011Ba
青燕 1 号	0.60±0.006Be	0.62±0.011Be	0.65±0.009Ad	0.67±0.013Acd	0.69±0.011Bc	0.77±0.015Ab	0.77±0.015Ab	0.81±0.026Aa

表 5 不同施氮量对燕麦鲜干比的影响

%

品种	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> )							
	0	30	60	90	120	150	180	210
青引 1 号	3.18±0.04Bc	3.18±0.08Bc	3.16±0.09Bc	3.14±0.05Bc	3.55±0.08Ba	3.54±0.14Aa	3.37±0.06Bb	3.35±0.10Bb
领袖	3.67±0.06Abc	3.60±0.06Acd	3.46±0.07Ae	3.83±0.06Aa	3.75±0.07Aab	3.72±0.08Aab	3.60±0.05Acd	3.52±0.07Ade
青燕 1 号	1.78±0.04Ca	1.51±0.05Cc	1.48±0.04Ced	1.78±0.05Ca	1.67±0.04Cb	1.51±0.04Bc	1.44±0.06Ced	1.41±0.04Cd

表 6 不同施氮量对燕麦总生物量的影响

g

品种	施氮量/(kg/hm <sup>2</sup> )							
	0	30	60	90	120	150	180	210
青引 1 号	2.95±0.06Ba	2.98±0.07Ca	3.01±0.09Ba	3.08±0.06Ba	2.59±0.07Bb	2.55±0.10Bbc	2.45±0.06Bcd	2.38±0.08Bd
领袖	4.31±0.08Ac	5.39±0.10Aa	3.51±0.07Af	3.79±0.06Ae	4.29±0.09Ac	4.55±0.10Ab	4.08±0.07Ad	3.72±0.09Ae
青燕 1 号	2.76±0.07Cc	3.34±0.11Bb	3.59±0.12Aa	2.83±0.10Cc	2.47±0.09Bd	2.19±0.08Ce	1.91±0.10Cf	1.60±0.07Cg

肥的株高,且株高随施氮量增多而增加,与本试验结果不一致,可能是由于总施氮量及底肥与追肥的施用比例不同导致。

### 3.2 氮肥对燕麦茎叶比、根冠比、鲜干比的影响

茎叶比是反映燕麦牧草适口性与营养价值的重要指标,茎叶比越高,蛋白含量越少,适口性越差。所以为了提高燕麦干草品质,应选择茎叶比较低的燕麦品种。本试验研究发现,青引 1 号燕麦在施氮量为 120、150 kg/hm<sup>2</sup> 时,茎叶比较低,这与吴浩等<sup>[10]</sup>的试验结果基本一致。

根冠比能反映生物量在燕麦植株内的分配比例。本试验研究发现,青引 1 号与领袖燕麦的根冠比随着施氮量的增加先降后升,而青燕 1 号燕麦一直递增,可见高氮肥处理会使根冠比升高,这与吴浩等<sup>[10]</sup>的试验结果不一致,可能是由于施氮量与试验条件不同所致。

鲜干比是衡量燕麦含水量的重要指标,鲜干比越大,含水量越多。本试验研究发现,3 个燕麦品种的鲜干比均在中氮肥处理下达到最大值。结果表明,适量氮肥能增大燕麦鲜干比,即氮肥有助于提高燕麦含水量,这可能与氮能够促进细胞吸水并减少水分蒸发的作用有关。

### 3.3 氮肥对燕麦总生物量的影响

燕麦的高生物量是人们所追求的重要指标。本试验研究发现,3 个燕麦品种的总生物量大致随施氮量的增加而先增后减,可见施氮不足或施氮过量,都会造成燕麦产量低下,也表明燕麦对氮肥比较敏感,合理施氮能提高燕麦产量。每个燕麦品种均有一个最适宜的施氮量,当施氮超过这个量后,燕麦产量反而会下降,这与高阳等<sup>[11]</sup>的研究结果一致。

## 4 结 论

随施氮量的增加,株高和总生物量呈先升后降的趋势;茎叶比呈先升后降再升的趋势;根冠比呈先降后升的趋势;鲜干比呈先降后升再降的趋势。在施氮量接近 60~90 kg/hm<sup>2</sup> 时,燕麦生物量较高且品质较好。领袖燕麦品种的综合表现较好,可将其作为优势品种加以推广利用。

## 参 考 文 献

- [1] 鲍根生,周青平,韩志林.氮、钾不同配比施肥对燕麦产量和品质的影响[J].草业科学,2008(10):48-53.
- [2] 樊英鑫,荣冬青,吴桂丽,等.莜麦(裸燕麦)抗旱研究进展[J].河北北方学院学报(自然科学版),2009,25(3):43-46,57.
- [3] 马祥,贾志锋,刘文辉,等.青海地区燕麦“3414”施肥效果及推荐施肥量[J].草业科学,2017,34(9):1906-1914.
- [4] 侯龙鱼,朱泽义,杨杰,等.我国饲草用燕麦现状、问题和潜力[J].西南民族大学学报(自然科学版),2019,45(3):248-253.
- [5] 雷占兰,周华坤,刘泽华,等.密度氮肥交互处理下高寒地区燕麦的生长特性与生殖分配[J].草业科学,2014,31(6):1110-1119.
- [6] 梁文珍.燕麦系列保健食品的开发研究[J].辽宁农业职业技术学院学报,2017,19(6):6-7.
- [7] 孙建平,薛竹慧,杨国义,等.施氮对晋北燕麦饲草主要农艺性状及干物质产量的影响[J].草地学报,2018,26(4):964-970.
- [8] 才让吉,王巧玲,王贵珍,等.不同播量、氮磷肥互作对高寒牧区燕麦产量和品质的影响[J].中国草食动物科学,2015,35(5):30-33,61.
- [9] 张文明.甘肃半干旱地区裸燕麦吸肥特性及施肥效应的研究[D].兰州:甘肃农业大学,2007.
- [10] 吴浩,刘文辉,贾志锋,等.施氮对‘青引 1 号’燕麦生物量积累及其分配的影响[J].中国农学通报,2018,34(31):10-18.
- [11] 高阳,赵力兴,朱铁霞,等.施氮量对科尔沁沙地燕麦生物量及物质分配规律的影响[J].草地学报,2018,26(5):1168-1172.

【责任编辑:胡 敏】