

寒冷区早晚熟燕麦品种的生产性能分析

周青平^{1*}, 苟小林^{1,3}, 田莉华¹, 陈有军^{1,3}, 高树琴², 白文明², 张文浩²

1. 西南民族大学青藏高原研究院, 成都 610041;

2. 中国科学院植物研究所, 植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093;

3. 青海大学畜牧兽医科学研究院, 西宁 810016

* 联系人, E-mail: qingzh@aliyun.com

2018-04-10 收稿, 2018-04-27 修回, 2018-04-28 接受, 2018-06-07 网络版发表

国家科技支撑计划(2015BAC05B01)和中国科学院科技服务网络计划(STS 计划)重点项目(KFJ-STZ-ZDTP-004)资助

摘要 我国早熟燕麦在寒冷区有较广泛的栽培, 但其产量和品质等生产性能尚缺乏深入对比分析. 本文选取青海和内蒙古作为高海拔和高纬度寒冷代表性种植区域, 通过对比早熟和晚熟2种类型燕麦的生产性能, 分析早熟和晚熟燕麦在高寒地区的生产前景. 在青海省5个地区种植不同品种燕麦, 分析2种类型燕麦的生长特征、产量及品质; 在内蒙古海拉尔种植早晚熟燕麦品种, 分析2种类型燕麦的产量及品质, 比较早熟和晚熟燕麦在高海拔和高纬度寒冷区的生产性能. 结果表明在高海拔寒冷的青海地区, 早熟燕麦在较短的生长周期下草产量和燕麦品质与晚熟燕麦没有显著差异, 但早熟燕麦种子产量(3702 kg/hm^2)显著高于晚熟燕麦种子产量(2759 kg/hm^2) ($P<0.05$). 在高纬度寒冷的海拉尔地区, 早熟品种燕麦的种子产量(3209 kg/hm^2)显著高于晚熟品种(2353 kg/hm^2) ($P<0.05$), 并且早熟品种燕麦的干草产量(8110 kg/hm^2)显著高于晚熟品种(6544 kg/hm^2) ($P<0.05$), 早熟燕麦和晚熟燕麦的粗蛋白含量并无显著差异. 因此, 从燕麦的产量和品质进行综合考虑, 早熟燕麦更适合于寒冷区短暂的生长季节种植. 建议将早熟燕麦作为寒冷区的粮、草作物进行推广.

关键词 燕麦, 早熟, 产量, 品质, 寒冷区

燕麦属于禾本科燕麦属, 为一年生的粮、草两用型作物, 从分类上可分为皮燕麦和裸燕麦, 但是从生长周期可分为早熟和晚熟燕麦. 我国是燕麦的原产地之一, 燕麦种植和培育的历史悠久, 在我国东北、华北、内蒙古、青藏高原、新疆及云贵川都有分布^[1], 燕麦对寒冷、干旱环境有良好的适应性, 同时燕麦对病虫害也具有优异的抗性^[2]; 燕麦的种植模式多样, 并且管理相对简单, 可适应单播、混播、间播等方式, 播种面积和区域选择也多样化^[3~5]; 同时, 燕麦营养丰富, 燕麦种子是一种优良的谷类粮食. 因此, 燕麦被广泛地应用于高寒地区主要的粮、饲兼用作物栽培.

近年来, 燕麦的栽培已经被作为解决由于我国居民膳食结构改变^[6]带来的功能食品缺乏以及草地载畜量增加^[7]带来的牧草短缺问题的重要途径^[8,9], 并且诸多学者也提出将燕麦作为牧草种植缓解寒冷区天然草地生态功能退化的手段之一^[10,11]. 我国寒冷区主要包括高海拔(海拔1500 m以上)寒冷和高纬度(北纬30°以上)寒冷区, 高海拔主要以西藏和青海为代表性区域(年均温度 $-6\sim-9^\circ\text{C}$, 植物生育期100至200 d), 高纬度以内蒙古、新疆、东北三省为代表性区域(年均温度 $0\sim-8^\circ\text{C}$, 植物生育期90~150 d)^[12,13], 这些区域主要特征是常年低温, 生长季节短暂. 因此燕麦在这些区域的推广必然受到低温和较短的生长季

引用格式: 周青平, 苟小林, 田莉华, 等. 寒冷区早晚熟燕麦品种的生产性能分析. 科学通报, 2018, 63: 1722~1730

Zhou Q P, Gou X L, Tian L H, et al. Performances of early and late maturing oat varieties in cold regions (in Chinese). Chin Sci Bull, 2018, 63: 1722~1730, doi: 10.1360/N972018-00343

节制约;燕麦具有良好的耐寒性,并且早熟燕麦能够充分利用雨热同季的水热条件^[14]。但是目前缺乏对早熟燕麦在寒冷区丰产性的系统研究,影响其在寒冷区的推广。前期的研究结果重点针对不同燕麦品种的产量和质量进行了论述,如:高海拔地区青引、加燕等系列不同燕麦品种的资料籽粒产量差异较大,作为饲草其产量也存在差异^[15];高纬度地区种植的多种燕麦的草产量和品质也存在明显差异^[16]。但是这些研究都没有关注早熟燕麦品种在寒冷区的生产量和品质等指标,为了明确早晚熟燕麦品种在寒冷区的生产性能,为早熟燕麦品种推广提供参考,因此需要对比分析早熟和晚熟燕麦在寒冷区域种植的生产性能。

青海省是我国重要的草地分布区域,该区域海拔在2600~4000 m,年均温度2~9℃,是典型的高海拔寒冷区;内蒙古自治区也是我国重要的草地分布区,纬度为37°~53°N,年均温在0~8℃,生长季节短暂,是典型的高纬度寒冷区。因此选择青海省和内蒙古作为研究区域,能够分别代表典型的高海拔和高纬度寒冷区域。本团队长期从事于燕麦的研究和推广工作,在青海省对燕麦品种的筛选、种植等具有丰富的工作经验^[17,18]。而在内蒙古地区,诸多学者对燕麦也具有长期的研究,特别是在不同品种的生产性能和产量具有诸多的研究报道^[16,19]。本文主要针对寒冷区早熟和晚熟燕麦的生产性能进行分析评价,为农、牧业的推广提供参考依据,根据前期已有的研

究基础^[20],以早熟和晚熟燕麦为材料,在青海省和内蒙古进行实地燕麦种植试验,对比分析早熟和晚熟燕麦品种在寒冷区的生产性能,明确早晚熟燕麦在寒冷区种植的产量和品质特性,为我国早熟燕麦在寒冷区的推广提供参考。

1 材料与方法

1.1 高海拔寒冷区燕麦种植试验

用于高海拔寒冷对比试验选择的两种类型燕麦各品种如表1。根据各燕麦实际生长周期,4个生育期都小于100 d的青引2号、加燕4号、巴燕4号和林纳燕麦为早熟燕麦品种;晚熟的燕麦品种为青莪1号、青莪2号、林纳,其生育期都大于110 d^[15,20]。7个品种的燕麦都是高海拔寒冷区粮草兼用类型的燕麦,并且对环境抗性较强,适应范围较广,在海拔3000 m以下种植多用于粮食生产,在3000 m以上种植多用于饲草种植。

将2种类型7个品种的燕麦在青海省5个区域进行大田种植,用于比较早熟和晚熟燕麦品种的生产性能,5个区域的地理和环境特征如表2。5个区域的海拔分布在2300~2700 m,并且5个区域都是青海省主要的农田分布区域,是主要粮食和牧草生产区域。5个区域土壤类型基本相同,都为碱性土壤,年均气温和降水条件都属于典型的高海拔寒冷半干旱或半湿润环境。

表1 不同类型燕麦特性及其生育期

Table 1 The growth date and properties of two varieties oat

早熟			晚熟		
品种	生育期(d)	特性	品种	生育期(d)	特性
青引2号	81	粮草兼用,耐寒,抗倒伏,	青莪1号	115	粮草兼用,耐寒,耐旱
巴燕4号	99	粮草兼用,耐寒,抗旱,耐贫瘠	青莪2号	114	粮草兼用,耐寒,耐旱
加燕2号	96	粮草兼用,耐寒,抗旱,生长势强	诺恩	118	粮草兼用,耐寒,抗倒伏
林纳	95	粮草兼用,生长势强,抗倒伏,抗旱,耐贫瘠	—	—	—

表2 不同试验区环境特征

Table 2 The environmental factors in the study areas

试验地点	经纬度	海拔(m)	年降雨量(mm)	年均温(℃)	土壤类型	前作	pH
互助县	102.01°E, 36.51°N	2610	534.2	3.4	栗钙土	箭筈豌豆	8.4
平安县	101.09°E, 36.23°N	2652	400	2.5	栗钙土	洋芋	8.2
大通县	101.40°E, 36.57°N	2438	532	3.9	栗钙土	小麦	8.5
湟中县	101.37°E, 36.28°N	2670	600	3	栗钙土	胡萝卜	8.6
民和县	102.43°E, 36°01°N	2333	395.4	8.2	灰钙土	玉米	8.2~8.3

在种植区域于2010年4月下旬在各试验点实施播种. 人工开沟后条播, 行距25 cm, 播深3~4 cm, 播量200 kg/hm². 小区布局采用完全随机区组设计, 小区面积12 m² (3 m×4 m), 小区间距为1 m, 每个品种各设3次重复^[15]. 在两种类型的燕麦乳熟期收获, 采集地上全株, 用于实验数据分析. 在盛花期, 每个试验小区内选取具有代表性的1 m 样段, 齐地刈割后称重, 测定鲜草产量, 风干后测定干草产量, 之后随机选取10株燕麦, 用卷尺测定株高和旗叶长, 用螺旋测微仪测定旗叶宽. 在完熟期, 随机选取10株燕麦记录有效分蘖数, 单序粒数, 用卷尺测定穗长、带稃种子长度, 用螺旋测微仪测定带稃种子宽度, 样品风干后脱粒、清选, 测定各品种的籽粒产量、穗粒数、千粒重^[15]. 将风干草样带回试验, 在实验室条件下, 粉碎后利用烘干法测定风干草水分、干灰化法测定灰分、凯氏定氮法测定粗蛋白、索氏抽提法测定粗脂肪、稀酸和氢氧化钠方法测定粗纤维、近红外法测定无氮浸出物、利用比色法测定钙离子和磷离子含量. 5个地区的早熟燕麦和晚熟燕麦分别作为早熟燕麦和晚熟燕

麦的重复.

1.2 高纬度寒冷区燕麦种植试验

根据我国高纬度寒冷区燕麦分布和种植情况, 在内蒙古地区实地种植具有代表性的燕麦品种作为中高纬度寒冷区的研究对象, 综合对比高纬度寒冷区早熟燕麦和晚熟燕麦的生长特性(表3). 实地种植的燕麦品种主要在内蒙古海拉尔地区(120.3°E, 49.2°N), 该区域年均气温为-1.5℃, 年降水量360 mm, 日照2800 h, 无霜期130 d, 是典型的高纬度寒冷区(表3). 该区域在2016年和2017年的5月上旬进行燕麦种植, 种植方式和高海拔寒冷区的燕麦种植方式相同. 种植的燕麦品种共计7个, 其中实际栽种的6个燕麦早熟包括青引3号、加燕2号、青引2号、青海444、花燕麦和坝苽, 生长期都小于100 d, 而只有甜燕麦晚熟, 生长期大于100 d. 在盛花期, 每个试验小区内选取具有代表性的1 m样段, 齐地刈割后称重, 风干后测定干草产量. 在燕麦的完熟期, 测定各品种的种子产量^[15]. 将风干草样带回试验, 在实验室条件下, 粉碎

表3 高纬度寒冷区两种类型燕麦品种

Table 3 Oat varieties of early maturing and late maturing grown in high latitude cold regions

燕麦类型	燕麦品种	生育期(d)	种植地区	经纬度	环境特征	种植时间	评价或引用指标	来源
早熟	白燕2号, 白燕11号, 晋燕13号, 燕科1号, 坝苽1号, 晋燕14号, 晋引燕1号, 花早2号, 定苽1号, 内燕5号	<100	乌兰察布市察右后旗	113.10°E, 41.85°N	年均温3.4℃, 日照2986 h, 无霜期70~102 d, 年均降水292 mm	2013年	种子产量	[27]
早熟	内苽1号, Victory record, Express, The yielder, Sibisiae, 大燕麦, 额敏燕麦, 苽麦, 白铃铛麦	<100	呼和浩特市	110.42°E, 40.48°N	年均温5.8℃, 全年日照2970 h, 年均降水量417.5 mm, 无霜期135 d	2011年	种子产量, 粗蛋白含量	[28]
晚熟	Gend2Tomna	>100						
早熟	白燕8号, 白燕2号	<100	巴彦淖尔市五原县	108.15°E, 41.5°N	年均温6.1℃, 日照3263 h, 无霜期117~136 d, 年均降水170 mm	2014年	干草产量, 粗蛋白	[29]
晚熟	青海甜燕麦, 青海444, 加燕2号, 草苽1号	>100						
早熟	梦龙Magnum, 骏马Cayuse, 牧王Haymaker, 太阳神Titan, 美达Monida, 贝勒Baler	<100	通辽市科左中旗	122.01°E, 44.02°N	年均温7.1℃, 降水270 mm, 无霜期184~233 d, 日照2702.4 h	2016年	干草产量, 粗蛋白	[30]
早熟	内燕5号, 燕科1号	<100	呼和浩特市林格尔县	111.91°E, 40.61°N	年均温6.2℃, 年均降水390 mm, 无霜期195 d, 日照2590 h	2011年	种子产量, 干草产量	[31]
晚熟	草苽1号	>100						
早熟	青引3号、加燕2号、青引2号、青海444、花燕麦、坝苽	<100	内蒙古呼伦贝尔市海拉尔	120.3°E, 49.2°N	年均温-1.5℃, 年降水量360 mm, 日照2800 h, 无霜期130 d	2016和2017年	种子产量, 实地干草产量, 种植粗蛋白含量	
晚熟	甜燕麦	>100						

后利用凯氏定氮法测定粗蛋白含量。

1.3 分析方法

通过单因素(one-way ANOVA)分析方法和最小显著差异法(LSD)比较寒冷区燕麦各生长特性在早熟和晚熟两种类之间的差异,显著水平为 $P<0.05$ 。所有数据均采用平均值和标准差(mean $\pm$ SD)进行表述,所有数据均使用SPSS 19.0进行分析。

2 结果

2.1 高海拔寒冷早熟和晚熟燕麦生产性能的比较

通过比较高海拔寒冷区早熟和晚熟燕麦的生产性能(图1)发现早熟和晚熟燕麦的各性能指标表现不

一。在高海拔寒冷区种植的早熟燕麦和晚熟燕麦品种在叶长、叶宽、穗长、株高、有效分蘖不存在显著差异,早熟燕麦的种子长、种子宽、千粒重明显高于晚熟燕麦,早熟燕麦的单序粒数明显小于晚熟燕麦。早熟燕麦乳熟期鲜草产量45800 kg/hm²比晚熟燕麦42269 kg/hm²产量高出了3531 kg/hm²(图2(a)),早熟燕麦的干草产量11459 kg/hm²比晚熟燕麦9480 kg/hm²高出了1979 kg/hm²(图2(b)),但差异并不显著。就种子产量而言,早熟燕麦种子产量(3702 kg/hm²)显著高于晚熟燕麦种子产量(2759 kg/hm²)($P<0.01$)(图2(c))。

由图3可知,早熟燕麦的灰分、粗脂肪、无氮浸出物的含量均高于晚熟燕麦,而早熟燕麦的水分、粗蛋白、粗纤维、钙离子、磷离子含量则低于晚熟燕麦,

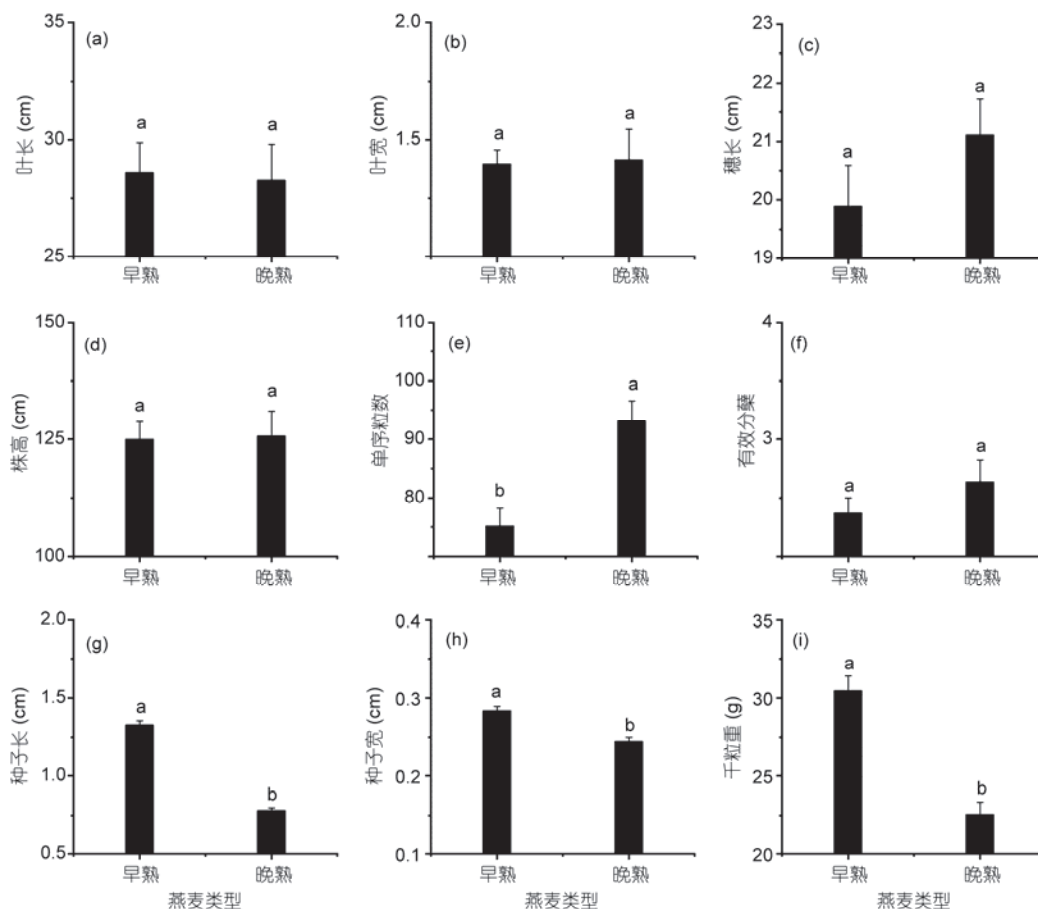


图1 早熟和晚熟燕麦品种的叶长(a)、叶宽(b)、穗长(c)、株高(d)、单序粒数(e)、有效分蘖(f)、种子长(g)、种子宽(h)、千粒重(i)比较。相同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异显著($P<0.05$)

Figure 1 Differences in leaf length (a), leaf wide (b), ear length (c), plant height (d), number of single granulation (e), effective tiller (f), seed length (g), seed wide (h) and thousand seed weight (i) between early maturing and late maturing oat varieties. The same lowercase letters indicate insignificant difference ($P>0.05$) in one property between early maturing and late maturing oat varieties, the different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$)

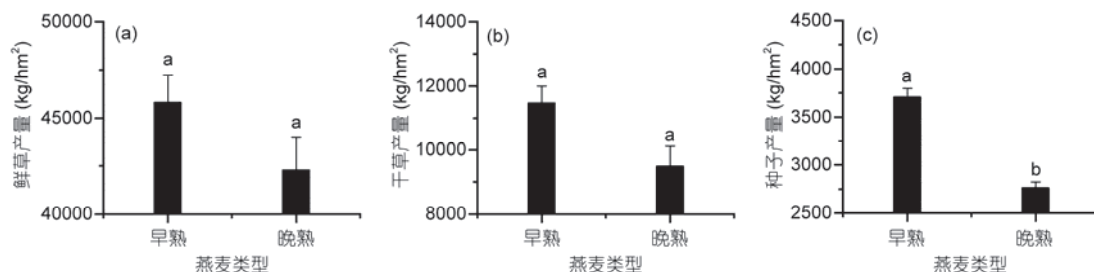


图2 早熟和晚熟燕麦品种鲜草产量(a)、干草产量(b)、种子产量(c)的比较。相同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异不显著($P>0.05$),不同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异显著($P<0.05$)

Figure 2 Differences in fresh grass yield (a), dried grass yield (b) and seed yield (c) in the early maturing and late maturing varieties of oat. The same lowercase letters indicate insignificant difference ($P>0.05$) in one property between early maturing and late maturing oat varieties, the different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$)

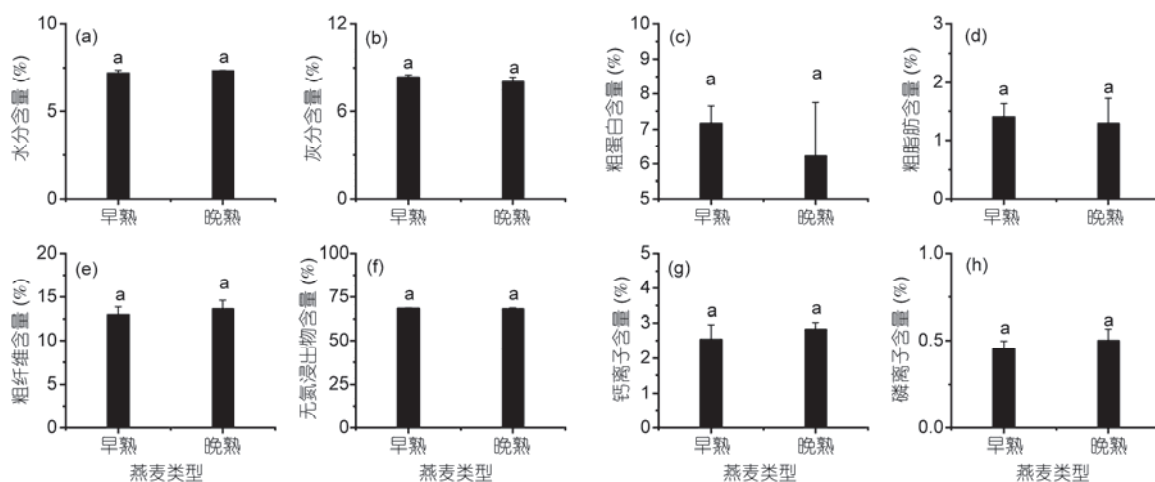


图3 早熟和晚熟燕麦水分含量(a)、灰分含量(b)、粗蛋白含量(c)、粗脂肪含量(d)、粗纤维含量(e)、无氮浸出物含量(f)、钙离子含量(g)和磷离子含量(h)的比较。相同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异不显著($P>0.05$)

Figure 3 Differences in water content (a), ash content (b), crude protein (c), crude fat (d), crude fiber (e), nitrogen free extract (f), calcium (g) and phosphorus content (h) in early maturing and later maturing oat varieties. The same lowercase letters indicate insignificant difference ($P>0.05$) in one property between early maturing and late maturing oat varieties

但是上述两种类型燕麦的品质并没有明显的差异。

2.2 高纬度寒冷区早晚熟燕麦生产性能的比较

在海拉尔地区种植的早熟燕麦的种子产量和干草产量高于晚熟品种,虽然早熟燕麦的粗蛋白含量也高于晚熟燕麦,但是差异不显著(图4)。高纬度寒冷区早熟品种燕麦的种子产量达到3209.15 kg/hm²显著高于晚熟品种的2353.69 kg/hm²($P<0.05$)(图4(a)),并且早熟品种燕麦的干草产量8110.18 kg/hm²显著高于晚熟品种的6544.4 kg/hm²($P<0.05$)(图4(b))。

3 讨论

3.1 高海拔寒冷区早晚熟燕麦生产性能分析

通过对比对种植在青海省不同地区的早熟和晚

熟燕麦品种,发现在高寒地区种植的早熟类型的燕麦草产量和种子产量都高于晚熟品种,但是二者之间的草产量没有显著差异(图1)。一方面,本研究中所选用的早熟系列各个燕麦品种其生育期都小于100 d,短于晚熟燕麦。青海省草本植物的物候期在112 (河南县)~222 d(贵德县)之间^[21],早熟燕麦能够在较短的物候期内正常完成生命史,晚熟燕麦可能受到气候周期性变化的影响,在较早来临的低温状态下,光合作用受到影响,物质积累受到影响^[22],从而影响草产量和种植产量的提高;另一方面,早熟燕麦需要在较短的生长期内完成整个生命史,并完成延续种群的重要使命^[23]。燕麦为一年生的草本,主要依靠种子进行繁殖,而早熟燕麦繁育种子的周期必然比晚熟燕麦提前,这使得早熟燕麦在发育过程

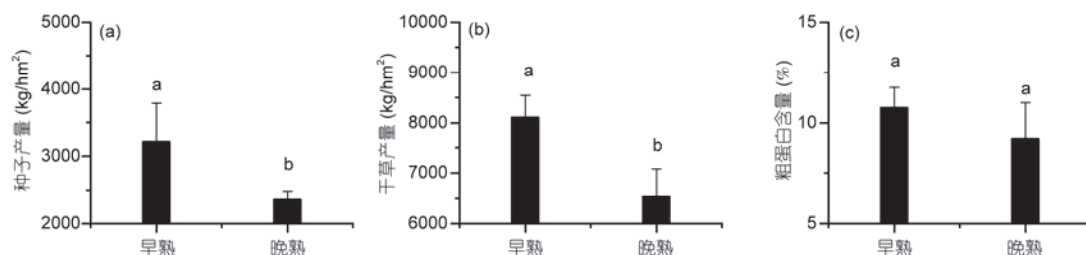


图4 早熟和晚熟燕麦种子产量(a)、干草产量(b)、粗蛋白含量(c)的比较. 相同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异不显著 ($P>0.05$), 同小写字母表示同一指标在早熟和晚熟类型下差异显著 ($P<0.05$)

Figure 4 Different in seed yield (a), dried grass yield (b) and crude protein (c) of early maturing and late maturing varieties of oat. The same lowercase letters indicate insignificant difference ($P>0.05$) in one property between early maturing and late maturing oat varieties, the different lowercase letters indicate significant difference ($P<0.05$)

中选择较少的分蘖(图1), 较短的穗长(图1), 单穗较少的种子数量(图1)来提高种子质量, 如种子的长度、宽度、千粒重(图1), 从而增加繁殖的成功率^[24]. 因此, 早熟燕麦比晚熟燕麦更加适应生长周期较短的高寒地区, 早熟燕麦在高寒地区表现出良好的丰产性. 单就牧草种植而言, 在同时可以种植早熟和晚熟燕麦的高海拔寒冷区域, 作为饲草生产的早熟燕麦在完成刈割后, 可以通过刈割增加饲草产量, 但是晚熟品种由于受到生长季节时间的限制, 日光照时间变短、温度降低等条件可能制约其饲草产量^[18].

高海拔寒冷区早熟燕麦和晚熟燕麦鲜、干草产量无显著差异, 早熟燕麦种子产量高于晚熟燕麦, 而早熟燕麦和晚熟燕麦品质之间无显著差异; 在高海拔寒冷区, 早熟燕麦更加适应较短的生长季节. 因此早熟燕麦品种比晚熟燕麦品种有优势, 推荐早熟燕麦可以作为高海拔寒冷区牧草和粮食种植推广的类型.

3.2 高纬度寒冷区早晚熟燕麦生产性能分析

通过在内蒙古海拉尔地区早熟和晚熟燕麦的种植, 我们发现作为中高纬度寒冷代表性区域的早熟和晚熟燕麦品种的粗蛋白含量并不存在显著差异, 而早熟品种燕麦的种子和干草产量显著高于晚熟品种(图4). 内蒙古高纬度寒冷区种植和筛选的早熟燕麦品种实际生长周期都小于100 d, 而晚熟品种实际生长周期都大于100 d(表3). 内蒙古地区燕麦的生产主要用于牧草生产和粮食生产^[19]. 高纬度寒冷区早熟燕麦和晚熟燕麦都能在较低的年均温度和年降雨量下完成整个生命史(表3). 在相同条件下, 早熟燕麦品种在种植后的种子和干草产量明显高于晚熟品种. 与高海拔寒冷区结果相同, 高纬度地区种植的早熟燕麦与晚熟燕麦之间在粗蛋白量方面没有差异,

表明早熟燕麦品种在高纬度寒冷区也能有效地利用较短生长周期, 增加光合作用, 从而增加了种子和干草产量^[25,26].

相较于内蒙古其他区域, 发现早熟和晚熟燕麦的在生产性能上也各有优劣(表3). 在乌兰察布市察右后旗(41.85°N, 年均温3.4℃)^[27], 早熟燕麦的种子产量约为2592 kg/hm², 低于在海拉尔地区种植的早熟燕麦种子产量, 却高于晚熟燕麦. 但是在呼和浩特市(40.48°N, 年均温5.8℃)种植的早熟和晚熟燕麦种子产量却刚好相反, 早熟品种种子产量(约1761 kg/hm²)小于晚熟品种(2186 kg/hm²), 但是该区域种植的早熟和晚熟燕麦的粗蛋白含量相当, 都在13%~14%之间^[28], 该区域早熟燕麦的种子产量是否属于区域个例, 还需要进一步深入讨论. 在巴彦淖尔市五原县(41.5°N, 年均温6.1℃)种植的早熟燕麦品种干草产量(14185 kg/hm²)高于晚熟燕麦(11121 kg/hm²), 早熟燕麦的粗蛋白含量(13%)也高于晚熟燕麦(10%), 与海拉尔种植的早熟品种和晚熟品种规律相似^[29]. 在纬度更北的通化市科左中旗(44.02°N, 年均温7.1℃), 6种早熟燕麦的干草产量约为11121 kg/hm², 已经高于了海拉尔地区种植的早熟和晚熟燕麦干草产量, 并且粗蛋白含量约15%, 也高于海拉尔地区种植的所有燕麦的粗蛋白含量^[30]. 而在呼和浩特市林格尔县(40.61°N, 年均温6.2℃), 早熟燕麦种子产量1630 kg/hm²大于晚熟燕麦的1150 kg/hm², 干草产量22079 kg/hm²和晚熟燕麦21684 kg/hm²相当^[31], 虽然该地区种子产量小于海拉尔地区, 但是干草产量却高于海拉尔地区.

与内蒙古其他地区种植的早熟或晚熟燕麦进行比较, 发现早熟燕麦在产量上仍然具有一定的优势. 因此, 通过种植以及对比早熟和晚熟燕麦的种子产

量、干草产量和粗蛋白含量,发现高纬度寒冷区早熟燕麦品种的种子或干草产量要高于晚熟燕麦,并且粗蛋白含量也不低于晚熟燕麦.早熟品种具有较短的生长周期,因此早熟品种比晚熟品种在高纬度寒冷区更有生长发育优势,可以推荐早熟燕麦品种作为该地区粮食和牧草生产的燕麦品种类型.

4 小结

通过对寒冷区(高海拔和高纬度)的早熟燕麦和

晚熟燕麦进行对比,发现高海拔寒冷区早熟燕麦在较短的生长周期下草产量和燕麦质量与晚熟燕麦并没有明显的差异,但是种子产量比晚熟燕麦明显增加;而在高纬度寒冷区早熟燕麦在较短的生长周期下草产量和种子产量更加具有优势,并且早熟燕麦粗蛋白含量和晚熟燕麦相当.因此早熟燕麦在高海拔寒冷区和高纬度寒冷区种植具有显著的优势,推荐将早熟燕麦作为寒冷区粮、饲作物进行推广.

参考文献

- Jiang L, Xu F. Effects of geographical environment on main properties of the quality of the naked oat in main producing areas of oat (in Chinese). *Shanxi Sci Tech*, 2017, 33: 42–44 [降磊, 徐芳. 燕麦主产区地理环境对裸燕麦主要品质性状的影响. *山西科技*, 2017, 33: 42–44]
- Liu G, Zhao G Q, Yang C D, et al. Primary study on biotic stress tolerance of oats in Tibetan Plateau (in Chinese). *Acta Agrest Sin*, 2007, 15: 582–587 [刘刚, 赵桂琴, 杨成德, 等. 青藏高原燕麦品种生物抗性初探. *草地学报*, 2007, 15: 582–587]
- Fu X N, Pan Z W, Meng X J, et al. The study of mix-sowing of *Secale cereal* L. “Ganyin No.1” and *Avena sativa* L. to the alpine area in Tianzhu County (in Chinese). *J Anim Sci Veterin Med*, 2016, 35: 14–16, 19 [富新年, 潘正武, 孟祥君, 等. 天祝高寒地区甘引1号黑麦+燕麦混播试验研究. *畜牧兽医杂志*, 2016, 35: 14–16, 19]
- Ma C H, Han J G. The studies on the optimal harvest time of oat and vetch in both monoculture and mixture in high-cold area (in Chinese). *J Tarim Univ Agr Recl*, 2000, 3: 15–19 [马春晖, 韩建国. 高寒地区燕麦及其混播草地最佳刈割期的研究. *塔里木农垦大学学报*, 2000, 3: 15–19]
- Gou F, Zhang L Z, Dong W L, et al. Productivity of strip intercropping systems in agro-pastoral ecotone (in Chinese). *Trans Chin Soc Agric Eng*, 2013, 29: 129–141 [苟芳, 张立祯, 董宛麟, 等. 农牧交错带不同间套作模式的土地生产力. *农业工程学报*, 2013, 29: 129–141]
- Fang J Y, Bai Y F, Li L H, et al. Scientific basis and practical ways for sustainable development of China’s pasture regions (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 155–164 [方精云, 白永飞, 李凌浩, 等. 我国草原牧区可持续发展的科学基础与实践. *科学通报*, 2016, 61: 155–164]
- Shen H H, Zhu Y K, Zhao X, et al. Analysis of current grassland resources in China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 139–154 [沈海花, 朱言坤, 赵霞, 等. 中国草地资源的现状分析. *科学通报*, 2016, 61: 139–154]
- Zhang X S, Tnag H P, Dong X B, et al. The dilemma of steppe and it’s transformation in China (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2015, 61: 165–177 [张新时, 唐海萍, 董孝斌, 等. 中国草原的困境及其转型. *科学通报*, 2015, 61: 165–177]
- Zhou Q P, Chen S Y, Guo Z G. The principles and practice of standardized demonstration ranches construction (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2016, 61: 231–238 [周青平, 陈仕勇, 郭正刚. 标准化牧场建设的原理与实践. *科学通报*, 2016, 61: 231–238]
- Zhang Y J, Ren J Z, Wang M L, et al. Discussion on the position and development distribution of forage industry in China’s agricultural industry structure (in Chinese). *J Agric Sci Tech China*, 2013, 15: 61–71 [张英俊, 任继周, 王明利, 等. 论牧草产业在我国农业产业结构中的地位和发展布局. *中国农业科技导报*, 2013, 15: 61–71]
- Sheng Y P, Zhao C Z, Gao F Y, et al. Interspecific competition between *Avena sativa* and *Vicia vilosa* in mixed sowing grassland in alpine mountainous region (in Chinese). *Chin J Ecol*, 2011, 30: 2437–2441 [盛亚萍, 赵成章, 高福元, 等. 高寒山区混播草地燕麦和毛茛子种间的竞争关系. *生态学杂志*, 2011, 30: 2437–2441]
- Hou X Y, Yang L. Classification and development of husbandry counties and semihusbandry counties in China (in Chinese). *Sci Technol Rev*, 2007, 25: 21–25 [侯向阳, 杨理. 我国牧区县和半牧区县划分及发展方向研究. *科技导报*, 2007, 25: 21–25]
- Lin Z Y, Wu X D. Climatic regionalization of the Qinghai-Xizang Plateau (in Chinese). *Acta Geogr Sin*, 1981, 36: 22–32 [林振耀, 吴祥定. 青藏高原气候区划. *地理学报*, 1981, 36: 22–32]
- Rammig A, Jonas T, Zimmermann N E, et al. Changes in alpine plant growth under future climate conditions. *Biogeosciences*, 2010, 7: 2013–2024
- Zhou Q P, Yan H B, Liang G L, et al. Analysis of the forage and grain productivity of oat cultivars (in Chinese). *Acta Pratac Sin*, 2015, 24: 120–130 [周青平, 颜红波, 梁国玲, 等. 不同燕麦品种饲草和籽粒生产性能分析. *草业学报*, 2015, 24: 120–130]
- Cai L Y, Song Z P, Xu J, et al. The identification and evaluation of 18 germplasm materials of *Avena* (in Chinese). *J Grassl China*, 2007, 29: 21–27 [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: 21–27]

- 17 Liang G L, Zhou Q P, Gen F, et al. Karyotype analysis of *Avena sativa* L. “Qingyan No.1” (in Chinese). *Acta Agrest Sin*, 2016, 24: 389–392 [梁国玲, 周青平, 耿帆, 等. 青燕 1 号燕麦新品种的核型分析. *草地学报*, 2016, 24: 389–392]
- 18 Xu G F, Zhou Q P, Yan H B, et al. Effects of fertilizer N on yield and nutrients uptake of oat (in Chinese). *J Grassl China*, 2009, 31: 20–24 [许国芬, 周青平, 颜红波, 等. 施氮水平对燕麦产量与养分吸收的影响. *中国草地学报*, 2009, 31: 20–24]
- 19 Wang X X. Reviewing the development and utilization of oat resources in Inner Mongolia (in Chinese). *Soil Water Conserv China*, 1990, 2: 46 [王晓星. 浅谈内蒙古燕麦资源的开发利用. *中国水土保持*, 1990, 2: 46]
- 20 Zhou Q P. Cultivation and management of oats in alpine region (in Chinese). Nanjing: Fenghuang Science and Technology Press, 2014 [周青平. 高原燕麦的栽培与管理. 南京: 凤凰科学技术出版社, 2004]
- 21 Qi R Y, Wang Q L, Sheng H Y. Analysis of phenological-phase variation of herbage plants over Qinghai and impact of meteorological conditions (in Chinese). *Meteorol Sci Technol*, 2006, 34: 306–310 [祁如英, 王启兰, 申红艳. 青海草本植物物候期变化与气象条件影响分析. *气象科技*, 2006, 34: 306–310]
- 22 Li Y M. A preliminary study on photosynthetic performances of wheat, barley, oats and rye at low temperature in winter (in Chinese). *J Agr Univ Hebei*, 1997, 3: 33–37 [李雁鸣. 冬季低温条件下麦类作物光合性能的初步研究. *河北农业大学学报*, 1997, 3: 33–37]
- 23 Xiao G R. Talking about seeding and life history of vegetation (in Chinese). *J Yuzhou Univ*, 1989, 3: 55–60 [肖光荣. 试论植物的繁殖及生活史. *渝州大学学报(自然科学版)*, 1989, 3: 55–60]
- 24 Zhu Z H, Wang G. Studies on the phenotypic plasticity and reproductive allocation in *Avena sativa* L (in Chinese). *J Lanzhou Univ (Nat Sci)*, 2002, 38: 76–83 [朱志红, 王刚. 燕麦表型可塑性及繁殖分配的研究. *兰州大学学报*, 2002, 38: 76–83]
- 25 Jiang H, Bu Y F, Cheng G. Effect of different timing cutting on production, crude protein content and photosynthetic rate of rye grass (in Chinese). *J Yunnan Agric Univ*, 2003, 18: 149–152 [姜华, 毕玉芬. 不同时期刈割对黑麦草生产性能、蛋白质含量及光合效率的影响. *云南农业大学学报*, 2003, 18: 149–152]
- 26 Zhang S Q. Study on the relationship between the photorespiration in wheat leaves and the protein accumulation in wheat seeds (in Chinese). *J Trit Crops*, 2000, 20: 64–66 [张树芹. 小麦叶片光呼吸与蛋白质积累关系的研究. *麦类作物学报*, 2000, 20: 64–66]
- 27 Lü Y Q. Effect of different environment on naked oat seeds quality, a summary of experiment in 2013 (in Chinese). *Modern Agric*, 2014, 12: 45–46 [吕永清. 不同生态环境种植条件对裸燕麦籽实品质的影响 2013 年试验总结. *现代农业*, 2014, 12: 45–46]
- 28 Zhang Z Y, Qi B J, Xing Y Y, et al. Analysis of the differences between different oat varieties yield and quality (in Chinese). *Inner Mongolia Agric Sci Technol*, 2014, 6: 7–8 [张智勇, 齐冰洁, 邢义莹, 等. 不同燕麦品种产量和品质性状的差异分析. *内蒙古农业科技*, 2014, 6: 7–8]
- 29 Yan Y F. Study on productivity performance and nutritional quality of different forage in Western of Hetao irrigation district (in Chinese). Master Dissertation. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences Dissertation, 2017. 28–32 [闫亚飞. 河套灌区不同饲草生产性能与品质研究. 硕士学位论文. 北京: 中国农业科学院, 2017. 28–32]
- 30 Gao Y L, Sa R N, Sun Z L, et al. Preliminary study of oat introduction at Tongliao of Inner Mongolia (in Chinese). *Anim Husb Feed Sci*, 2017, 38: 32–35 [高亚敏, 萨日娜, 孙琳丽, 等. 内蒙古通辽地区燕麦引种试验初步研究. *畜牧与饲料科学*, 2017, 38: 32–35]
- 31 Zhao B P, Wang Y F, Zhao M L, et al. Evaluation and screening of drought resistance characteristics of different oat cultivars (in Chinese). *J Inner Mongolia Normal Univ (Nat Sci Ed)*, 2014, 6: 771–775 [赵宝平, 王玉芬, 赵萌莉, 等. 不同饲用燕麦品种抗旱性评价与筛选研究. *内蒙古师范大学学报(自然科学汉文版)*, 2014, 6: 771–775]

Summary for “寒冷区早晚熟燕麦品种生产性能的分析”

Performances of early and late maturing oat varieties in cold regions

Qingping Zhou^{1*}, Xiaolin Gou^{1,3}, Lihua Tian¹, Youjun Chen^{1,3}, Shuqin Gao², Wenming Bai² & Wenhao Zhang²

¹ Institute of the Qinghai-Tibetan Plateau, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China;

² State Key Laboratory of Vegetation and Environment Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

³ Qinghai Academy of Animal Science and Veterinary Medicine, Qinghai University, Xining 810016, China

* Corresponding author, E-mail: qpingzh@aliyun.com

Oats are widely used in cold regions as forage and grain crop, with early maturing oat varieties having long planting history. More attention is paid to variety maturity, including both naked and hulled types, for production in cold regions. Despite wide planting of early maturing oat in the cold regions in China, no systematic evaluation on yield and quality of the oat varieties in these regions has been conducted. Qinghai and Inner Mongolia are typically cold regions in China due to high elevation and high latitude respectively, and are representative areas for experimentation on growing oats in cold regions. In this study, we tested production and quality of early and late maturing oat varieties at five locations in Qinghai Province and one location in Inner Mongolia Autonomous Regions. We measured several growth, yield and quality parameters of four early maturing and three late maturing oat varieties in the former locations and six early maturing and one late maturing oat varieties at the latter locations. Parameters measured included leaf length, leaf width, panicle length, dry forage yield, seed yield crude protein and others. Attention was primarily paid to oats maturity due to the emphasis on forage and crop productivity without cons derma for to what the varieties were naked and hulled. The results showed that, in the regions of Qinghai Province with high altitude, forage yield and quality parameters of the early maturing varieties were not significantly different from those of the late maturing varieties. However, seed yield of the early maturing varieties (3702 kg/hm²) was significantly higher than that of the late maturing varieties (2759 kg/hm²) ($P<0.05$). In the regions of Inner Mongolia with high latitude, the dried forage yield (3209 kg/hm²) and seed yield (8110 kg/hm²) of the early maturing varieties were significantly higher than those of the late maturing varieties. But the crude protein content in the early maturing varieties was not significantly with late maturing varieties. Our study shows that production and properties of early maturing oats used for forage and grain is similar to normally higher yielding late maturing oats, indicating that early maturing oats are better than late maturing varieties to the short grow season in cold regions. Therefore, early maturing oat varieties should be used as both cereal and forage in the cold regions.

oats, early maturing varieties, yield, quality, cold regions

doi: 10.1360/N972018-00343