



巴青垂穗披碱草种子产量与农艺性状相关性分析

龙建廷 许赵佳 苏志刚 王明涛 苗彦军

Correlation analysis of seed yield with agronomic traits in *Elymus nutans* 'Baqing'

LONG Jianting, XU Zhaojia, SU Zhigang, WANG Mingtao, MIAO Yanjun

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0823>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

垂穗披碱草落粒性评价及农艺性状的相关性分析

Assessment of seed shattering and analysis of agronomic traits in *Elymus nutans*

草业科学. 2017, 11(8): 1711 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0073>

青藏高原垂穗披碱草种质资源遗传多样性的SSR分析

Genetic diversity of *Elymus nutans* germplasm resources from the Qinghai-Tibet Plateau in China detected by SSR markers

草业科学. 2018, 12(5): 1080 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0689>

野生赖草和垂穗披碱草抗旱能力比较

Comparison of drought resistance of wild *Leymus secalinus* and *Elymus nutans* in Tibet

草业科学. 2017, 11(6): 1255 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0505>

蒙古冰草和冰草的杂交F1代群体农艺性状的相关、通径及聚类分析

Correlation, path, and cluster analysis of agronomic characteristics of the F1 population from the cross between *Agropyron mongolicum* and diploid *Agropyron cristatum*

草业科学. 2017, 11(1): 94 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2016-0155>

拉萨18个引进燕麦品种主要农艺性状和营养成分的遗传多样性分析

Genetic diversity analysis of the main agronomic traits and nutritional in 18 oat cultivars introduced to Lhasa

草业科学. 2020, 37(3): 550 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0335>

土著丛枝菌根真菌对垂穗披碱草和冷地早熟禾生长及竞争的影响

Effects of native arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and competition of *Elymus nutans* and *Poa crymophila*

草业科学. 2020, 37(9): 1688 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0614>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0823

龙建廷, 许赵佳, 苏志刚, 王明涛, 苗彦军. 巴青垂穗披碱草种子产量与农艺性状相关性分析. 草业科学, 2024, 41(1): 99-105.

LONG J T, XU Z J, SU Z G, WANG M T, MIAO Y J. Correlation analysis of seed yield with agronomic traits in *Elymus nutans* 'Baqing'. Pratacultural Science, 2024, 41(1): 99-105.

巴青垂穗披碱草种子产量与 农艺性状相关性分析

龙建廷, 许赵佳, 苏志刚, 王明涛, 苗彦军

(西藏农牧学院, 西藏 林芝 860000)

摘要: 垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 既是优质牧草, 也是生态修复的先锋植物。巴青垂穗披碱草是西藏第1个野生牧草驯化品种, 为提高巴青垂穗披碱草种子产量, 明确巴青垂穗披碱草种子产量与农艺性状的关系, 本研究以3个种子产量指标与7个农艺性状指标为研究对象, 采用主成分分析、典型相关分析以及逐步回归法分析了巴青垂穗披碱草种子产量与农艺性状的关系。结果表明: 单株穗数和单株产量与分蘖数、平均旗叶长呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$); 综合农艺性状指标变量 V1 和 V2, 分蘖数和株高结构系数相对较大, 可见分蘖数与株高是决定垂穗披碱草种子产量的主要因子。基于逐步回归法分析发现单株产量与单株穗数、平均穗粒数极显著相关 ($P < 0.01$); 平均穗粒数与单株穗数、种子长度、平均拔节数、株高、平均旗叶长显著相关 ($P < 0.05$); 单株穗数与种子长度、芒长、平均拔节数显著相关 ($P < 0.05$)。因此或可通过增加旗叶长来增加单株穗数与单株产量, 进而提高巴青垂穗披碱草种子产量。

关键词: 垂穗披碱草; 种子产量; 农艺性状; 相关分析; 典型分析; 逐步回归法分析

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2024)01-0099-07

Correlation analysis of seed yield with agronomic traits in *Elymus nutans* 'Baqing'

LONG Jianting, XU Zhaojia, SU Zhigang, WANG Mingtao, MIAO Yanjun
(Tibet Agricultural and Animal Husbandry University, Nyingchi 860000, Tibet, China)

Abstract: *Elymus nutans* is the first domesticated wild forage grass in Tibet. We selected three seed yield indices and seven agronomic traits in an effort to identify correlations between seed yield and agronomic traits of *E. nutans* 'Baqing'. We sought to identify correlations between seed yield and agronomic traits of *E. nutans* 'Baqing' by principal component analysis, typical correlation analysis, and a stepwise regression method. Correlation analysis revealed that the number of spikes per plant and yield per plant both correlated positively with plant height, number of tillers, and mean flag leaf length ($P < 0.01$) with a high degree of significance. Typical correlation analysis revealed that the number of tillers and seed length structure coefficients increased with increases in the combined agronomic trait index variables V1 and V2, indicating that the number of tillers and plant height are the main factors determining seed yield from *Plantago lanceolata* pendants. Stepwise regression analysis gave highly significant ($P < 0.01$) coefficients correlating single plant yield with number of single spikes and average number of grains per spike. The average number of grains per spike was significantly different from the partial correlations between number of single spikes, seed length, average number of nodules, plant height, and average flag leaf

收稿日期: 2022-10-21 接受日期: 2023-03-21

基金项目: 中央引导地方科技发展资金项目 (ZY2023000147); 国家自然科学基金项目 (U21A20240、U20A2050); “新农科”高原植物生产类专业提升实践创新能力平台建设项目 (54000023210200010473)

第一作者: 龙建廷 (1995-), 男, 吉林四平人, 在读硕士生, 主要从事西藏野生牧草选育与生态恢复研究。E-mail: 1947268018@qq.com

通信作者: 苗彦军 (1971-), 男, 内蒙古四子王旗人, 教授, 硕士, 主要从事西藏野生牧草种质资源、牧草栽培及植被恢复工作。

E-mail: myj666@126.com

length ($P < 0.05$). The partial correlation of the number of single spikes with seed length, awn length, and average number of nodules per spike was found to be significantly different ($P < 0.05$). Therefore, the number of panicles per plant and the yield per plant could be increased by increasing the length of flag leaf, and the seed yield of *Elymus nutans* could be increased.

Keywords: *Elymus nutans*; seed yield; agronomic traits; correlation analysis; typical analysis; stepwise regression method analysis

Corresponding author: MIAO Yanjun E-mail: myj666@126.com

青藏高原被称为“世界屋脊”“地球第三极”和“亚洲水塔”，其在生态系统服务、生物多样性、水土保持等方面具有重要作用^[1-2]。在全球气候变暖以及人类活动增加的背景下，青藏高原部分地区逐渐出现草地退化现象^[3-4]。西藏自治区地处青藏高原，在其高寒的气候条件下却拥有全国面积最大的天然草地^[5]。当前西藏栽培草地建植技术并不发达，栽培草地建植面积不足，所以即便坐拥我国最大的天然草地，西藏多数牧区还是出现牧草供不应求的情况^[6]。垂穗披碱草 (*Elymus nutans*) 作为植被恢复的建群种，可以为土壤提供大量的凋落物，有助于提高土壤养分，一直被应用在青藏高原各地植被恢复中^[7]。并且垂穗披碱草具有较高的种子繁殖能力，对土坡适应能力广，产量高，再生力强，可成为草地植物群落的建群种，一直以来都是草原地区种植栽培草地的首选草种之一^[8]。

巴青垂穗披碱草 (*E. nutans* ‘Baqing’) 是经过野生牧草选育出的西藏第1个野生牧草驯化品种。该品种驯化选育始于2004年，经过近16年驯化选育，于2020年12月申报西藏自治区地方品种(品种登记号 XZCS001)，经过近20年的持续研究，育成的该品种适应西藏高寒环境，兼具产量高和品质好的特点，适于海拔3 000~4 800 m 区域种植。但是目前对林周县巴青垂穗披碱草种子扩繁基地种子产量的研究还处于初级阶段，针对巴青垂穗披碱草种子产量形成机制及农艺性状对其影响尚不明确，因此对巴青垂穗披碱草种子扩繁基地内种子产量与农艺性状进行相关性分析，以期为提高巴青垂穗披碱草种子产量提供理论参考。

1 材料与方 法

1.1 供试材料

供试材料为西藏自治区审定品种巴青垂穗披碱草。试验材料在2021年8月于林周县巴青垂穗披

碱草种子扩繁基地平均海拔4 200 m 播种，播种量为 $50 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。每年施用复合肥 $200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ，根据每日观测情况适量灌溉，播种当年未抽穗。试验指标测量于2022年8月。

1.2 试验方法与数据测量

于播种第2年，选择一块肥力均匀、水分充足的试验地，根据垂穗披碱草根系及分蘖情况确定单株，随机选取100株成熟巴青垂穗披碱草，为减少种子落粒导致误差在采收前提前进行套袋处理。用卷尺测定植株株高(地面至植株拉伸最高处)、旗叶长(穗下第1片叶子长)、根长；用游标卡尺测定种子长度(不包括芒长)、芒长；用万分之一天平测定风干后单株种子重量。同时测定分蘖数(离地面10 cm的分支数)、单株穗数(有效分蘖数，即抽穗并结实的分枝)、平均穗粒数、平均拔节数(仅计算有效分蘖的平均拔节数)。计算影响垂穗披碱草种子产量指标包括单株穗数(A_1)、平均穗粒数(A_2)、单株产量(A_3)，农艺性状指标包括种子长度(B_1)、芒长(B_2)、平均拔节数(B_3)、株高(B_4)、分蘖数(B_5)、平均旗叶长(B_6)、根长(B_7)。其中平均拔节数、平均旗叶长为有效分蘖的平均数，种子长度与芒长为单株产出种子中随机选择20粒种子测定的平均数。

1.3 数据处理

采用SPSS对数据进行相关性分析。对典型变量U和V分别由3个产量指标($A_1 \sim A_3$)和7个农艺性状指标($B_1 \sim B_7$)通过线性组合构成。用逐步回归法分析建立巴青垂穗披碱草种子产量与上述农艺性状之间的关系方程。

2 结果与分析

2.1 各指标间的相关系数

在产量指标中，单株穗数(A_1)与平均穗粒数(A_2)呈极显著负相关关系($P < 0.01$) (表1)，单株穗

表 1 巴青垂穗披碱草 10 个变量间的相关系数
Table 1 Correlation coefficient among 10 variables of *Elymus nutans* 'Baqing'

指标 Indicator	A ₁	A ₂	A ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇
A ₁	1.000 0									
A ₂	-0.387 4**	1.000 0								
A ₃	0.796 7**	0.072 1	1.000 0							
B ₁	-0.017 6	-0.188 8*	-0.022 4	1.000 0						
B ₂	0.127 6	-0.027 0	0.155 7	0.289 9**	1.000 0					
B ₃	-0.260 9**	0.185 1*	-0.158 4	-0.144 2	0.048 2	1.000 0				
B ₄	0.203 3	0.180 4*	0.316 6**	0.034 8	0.126 0	0.003 3	1.000 0			
B ₅	0.748 2**	-0.339 4**	0.540 8**	-0.096 3	0.102 4	-0.188 4*	0.274 5**	1.000 0		
B ₆	0.251 4**	0.130 0	0.336 5**	0.041 7	-0.006 3	-0.036 2	0.158 8	0.234 2**	1.000 0	
B ₇	0.000 4	-0.083 7	-0.071 4	0.050 2	0.020 2	-0.004 8	0.235 8**	-0.008 3	-0.089 1	1.000 0

A表示种子产量指标包括: A₁, 单株穗数; A₂, 平均穗粒数; A₃, 单株产量; B表示农艺性状指标包括: B₁, 种子长度; B₂, 芒长; B₃, 平均拔节数; B₄, 株高; B₅, 分蘖数; B₆, 平均旗叶长; B₇, 根长。*和**分别表示显著($P < 0.05$)和极显著($P < 0.01$)相关。

A indicates that the seed yield indexes include: A₁, number of panicles per plant; A₂, average number of grains per ear; A₃, yield per plant; B indicates that the agronomic traits indexes include: B₁, seed length; B₂, awn length; B₃, average number of joints; B₄, plant height; B₅, number of tillers; B₆, average flag leaf length; B₇, root length. * and ** showed significant at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

数 (A₁) 与单株产量 (A₃) 间呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$)。单株穗数 (A₁) 与农艺性状相关性从大到小表现为分蘖数 (B₅) > 平均旗叶长 (B₆) > 株高 (B₄) > 芒长 (B₂) > 根长 (B₇) > 种子长度 (B₁) > 平均拔节数 (B₃)，其中单株穗数 (A₁) 与平均拔节数 (B₃) 呈极显著负相关关系 ($P < 0.01$)，与分蘖数 (B₅)、平均旗叶长 (B₆) 呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$)，与其他农艺性状无显著相关关系 ($P > 0.05$)。平均穗粒数 (A₂) 与农艺性状相关性从大到小表现为平均拔节数 (B₃) > 株高 (B₄) > 平均旗叶长 (B₆) > 芒长 (B₂) > 根长 (B₇) > 种子长度 (B₁) > 分蘖数 (B₅)，其中平均穗粒数 (A₂) 与平均拔节数 (B₃) 和株高 (B₄) 呈显著正相关关系 ($P < 0.05$)，与种子长度 (B₁) 呈显著负相关关系 ($P < 0.05$)，与分蘖数 (B₅) 呈极显著负相关关系 ($P < 0.01$)。

单株产量 (A₃) 与农艺性状相关性从大到小表现为分蘖数 (B₅) > 平均旗叶长 (B₆) > 株高 (B₄) > 芒长 (B₂) > 种子长度 (B₁) > 根长 (B₇) > 平均拔节数 (B₃)。其中单株产量 (A₃) 与株高 (B₄)、分蘖数 (B₅)、平均旗叶长 (B₆) 呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$)。

2.2 典型相关分析

对巴青垂穗披碱草 3 个种子产量指标为 A 集合, 7 个农艺性状指标为 B 集合进行典型相关分析。得到 3 对典型相关变量中, 前两对典型变量相关系数达到 0.01 极显著水平, 具有统计学意义 (表 2)。前两对典型变量的标准化线性组合如下: $U_1 = 1.143A_1 - 0.025A_2 - 0.204A_3$, $V_1 = 0.034B_1 + 0.059B_2 - 0.167B_3 - 0.800B_4 + 0.950B_5 + 0.067B_6 + 0.051B_7$; $U_2 = -$

表 2 农艺性状与巴青垂穗披碱草种子产量间相关分析及典型冗余分析

Table 2 Correlation analysis and typical redundancy analysis between agronomic traits and seed yield of *Elymus nutans* 'Baqing'

典型变量集合 Typical set of variables	相关性 Relevance	特征值 Eigenvalue	Wilk's	P	典型冗余分析 Typical redundancy analysis			
					A × 自身 A × itself	A × B A × B	B × 自身 B × itself	A × B A × B
1	0.770	1.457	0.290	0.000	0.570	0.338	0.175	0.104
2	0.496	0.326	0.711	0.001	0.359	0.088	0.134	0.033
3	0.238	0.060	0.943	0.365	0.071	0.004	0.163	0.009

$0.149A_1 - 0.883A_2 - 0.395A_3$, $V_2 = 0.485B_1 - 0.211B_2 + 0.003B_3 - 0.705B_4 + 0.340B_5 - 0.537B_6 + 0.307B_7$ 。式中, $A_1 \sim A_3$ 分别指单株穗数、平均穗粒数、单株产量, $B_1 \sim B_7$ 分别指种子长度、芒长、平均拔节数、株高、分蘖数、平均旗叶长、根长。

根据典型变量线性组合公式可知, 在第 1 对典型变量线性组合构成中, U_1 和 V_1 中分别以单株穗数和分蘖数的系数较大; 在第 2 对典型变量线性组合构成中, U_2 和 V_2 中分别以平均穗粒数和株高的系数较大。表明第 1 对典型变量主要以单株穗数和分蘖数决定, 第 2 对典型变量主要以平均穗粒数和株高决定。种子产量指标可以被第 1、第 2 典型变量 (U_1 和 U_2) 解释的比例分别为 57.0%、35.9%; 农艺性状指标可以被第 1、第 2 典型变量 (V_1 和 V_2) 解释的比例分别为 17.5% 和 13.4% (表 2)。农艺性状的典型相关结构分析表明, 综合农艺性状指标变量 V_1 和 V_2 , 分蘖数和株高结构系数相对较大, 可见分蘖数与株高是决定垂穗披碱草种子产量的主要因子。

2.3 巴青垂穗披碱草与农艺性状的关系

2.3.1 单株产量与产量指标、农艺性状指标的关系

基于逐步回归分析法, 建立巴青垂穗披碱草单株产量 (A_3) 与单株穗数 (A_1)、平均穗粒数 (A_2)、种子长度 (B_1)、芒长 (B_2)、平均拔节数 (B_3)、株高 (B_4)、分蘖数 (B_5)、平均旗叶长 (B_6)、根长 (B_7) 的关系方程如下: $Y_{A_3} = -0.9804 + 0.2651X_{A_1} + 0.0136X_{A_2} - 0.3181X_{B_1} + 0.0730X_{B_2} + 0.0246X_{B_3} + 0.0064X_{B_4} - 0.0313X_{B_5} + 0.0062X_{B_6} - 0.0161X_{B_7}$, ($N=100$, $R^2 = 0.9099^{**}$)。

从上式可以看出, 影响垂穗披碱草单株产量的主要指标是单株穗数 (A_1)、平均穗粒数 (A_2), 并且上述两个指标的相关系数达到了极显著水平, 而其他农艺性状与单株产量 (A_3) 的偏向相关关系不显著。这表明, 单株产量会随着单株穗数和平均穗粒数的增加而增加。同时也表明, 农艺性状指标对单株产量的影响不显著。

2.3.2 平均穗粒数与单株穗数、农艺性状指标的关系

基于逐步回归分析法, 建立巴青垂穗披碱草平均穗粒数 (A_2) 与单株穗数 (A_1)、种子长度 (B_1)、芒长 (B_2)、平均拔节数 (B_3)、株高 (B_4)、分蘖数 (B_5)、平

均旗叶长 (B_6)、根长 (B_7) 的关系方程, 如下: $Y_{A_2} = 32.1669 - 10.2779X_{A_1} + 39.2291X_{B_1} - 17.9728X_{B_2} - 13.8111X_{B_3} + 0.8505X_{B_4} + 0.5809X_{B_5} + 0.6300X_{B_6} + 0.2852X_{B_7}$, ($N=100$, $R^2 = 0.6942^{**}$)。

从上式可以看出, 影响垂穗披碱草平均穗粒数 (A_2) 的主要指标是单株穗数 (A_1)、种子长度 (B_1)、平均拔节数 (B_3)、株高 (B_4)、平均旗叶长 (B_6), 垂穗披碱草平均穗粒数 (A_2) 与芒长 (B_2)、分蘖数 (B_5)、根长 (B_7) 的偏相关关系未达到显著性水平。这表明, 影响平均穗粒数的主要农艺性状指标是种子长度、平均拔节数、株高、平均旗叶长, 芒长、分蘖数、根长的影响则较小。

2.3.3 有效分蘖与农艺性状的关系

基于逐步回归分析法, 建立巴青垂穗披碱草单株穗数 (A_1)、种子长度 (B_1)、芒长 (B_2)、平均拔节数 (B_3)、株高 (B_4)、分蘖数 (B_5)、平均旗叶长 (B_6)、根长 (B_7) 的关系方程, 如下: $Y_{A_1} = -0.5462 + 3.4306X_{B_1} + 2.2700X_{B_2} - 1.2549X_{B_3} + 0.0229X_{B_4} - 0.0015X_{B_5} + 0.1273X_{B_6} + 0.0073X_{B_7}$, ($N=100$, $R^2 = 0.8270^{**}$)。

从上式可以看出, 影响垂穗披碱草单株穗数 (A_1) 的主要指标是种子长度 (B_1)、芒长 (B_2)、平均拔节数 (B_3)、平均旗叶长 (B_6), 垂穗披碱草单株穗数 (A_1) 与株高 (B_4)、分蘖数 (B_5)、根长 (B_7) 的偏相关系数未达显著水平。这表明, 单株穗数与农艺性状指标中种子长度、芒长、平均拔节数、平均旗叶长之间具有密切关系, 与株高、分蘖数、根长的关系相对较弱。

3 讨论

牧草在完成生育期的过程中, 会遇到各种因素, 气温、雨水、光照等都对牧草种子产量影响较大^[9-10]。农艺性状与种子产量的相关分析一直是育种专家学者关注的重点问题之一^[11]。史关燕等^[12]对谷子 (*Setaria italica*) 杂交种产量与农艺性状分析表明, 单株穗数与单株粒重之间存在显著正相关关系。本研究中相关性分析结果表明, 影响巴青垂穗披碱草单株产量的主要因素可能是单株穗数, 这与史关燕等^[12]的研究结果有相同之处。垂穗披碱草在播种两年间, 种子产量与播种年限呈正相关关系, 同时也有研究表明其他多年生牧草播种两年后, 种子产量随着年限增加而降低, 因此垂穗披碱草种子产量可能会随着种植年限的进一步增加, 产

量有所变化^[13-14]。根据产量指标与农艺性状指标相关性结果分析可知,减少拔节数或提高分蘖数、旗叶长可增加单株穗数;减少种子长度和分蘖数或提高拔节数和株高可增加单株穗粒数;提高株高、分蘖数、旗叶长可增加单株产量。其中旗叶长、拔节数与部分研究^[13-14]有所不同,可能是播种牧草品种、播种密度和试验区域不同导致的。

刘婷娜等^[15]研究表明,垂穗披碱草种子产量与其构成因素的相关性不完全一致,单株干重相关系数最大。雷雄等^[16]研究表明,喷施多效唑(PP₃₃₃)可增加垂穗披碱草单株穗数,提高种子质量。彭珍等^[17]研究表明,单株穗数和单穗种子数与垂穗披碱草种子产量呈极显著正相关关系($P < 0.01$)。上述结果表明,垂穗披碱草种子产量的确是多个农艺性状共同作用的结果。当前关于垂穗披碱草种子产量与农艺性状相关的研究多围绕每生殖枝小穗数与每小穗种子数等指标,本研究针对巴青垂穗披碱草的产量指标与农艺性状指标分析发现,单株产量受单株穗数与平均穗粒数影响最大,这与前人^[15-17]的研究基本一致。当前关于农艺性状对平均穗粒数与单株穗数影响的研究较少,其主要原因可能是相关学者的研究中平均穗粒数与单株穗数仅作为单株产量相关分析的指标,平均穗粒数与单株穗数对单株产量间接影响的研究较少。本研究结果表

明平均穗粒数显著受种子长度、株高、平均旗叶长的影响,单株穗数显著受种子长度、芒长、平均旗叶长的影响。该结论为巴青垂穗披碱草种子产量的提高提供参考。

目前关于禾本科植物种子产量、农艺性状的研究主要应用简单相关^[18-19]或主成分分析等方法^[20-21],多局限于两个因子间或集合内不同因子间的关系分析。相关研究发现^[22-23],种子产量与株高、分蘖数、旗叶宽等农艺性状有直接关系,其中株高影响种子产量的结论与本研究结果相近。

4 结论

垂穗披碱草是多年生禾本科牧草,对其分蘖数、株高、拔节数等性状的分析可有效解决种子扩繁中遇到的部分问题。本研究结果表明,最直接影响垂穗披碱草单株产量的因素是单株穗数与平均穗粒数;影响平均穗粒数的主要农艺性状指标分别是种子长度、平均拔节数、株高、平均旗叶长;影响单株穗数的主要农艺性状指标分别是种子长度、芒长、平均拔节数、平均旗叶长。单株穗数和单株产量都与分蘖数、平均旗叶长呈极显著正相关($P < 0.01$),但平均穗粒数与分蘖数呈极显著负相关关系($P < 0.01$)。因此或可通过增加旗叶长来增加单株穗数与单株产量,进而提高巴青垂穗披碱草种子产量。

参考文献 References:

- [1] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 189-196.
XIE G D, LU C X, LENG Y F, ZHENG D, LI S C. Valuation of ecological assets on the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 189-196.
- [2] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张懿铨. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设. *地理学报*, 2012, 67(1): 3-12.
SUN H L, ZHENG G D, YAO T D, ZHANG Y L. Protection and construction of national ecological security barrier on the Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Geographica Sinica*, 2012, 67(1): 3-12.
- [3] 杜国祯, 李自珍, 惠苍. 甘南高寒草地资源保护及优化利用模式. *兰州大学学报*, 2001(5): 82-87.
DU G Z, LI Z Z, HUI C. Conservation and optimal utilization of alpine grassland resources in Gannan. *Journal of Lanzhou University*, 2001(5): 82-87.
- [4] DONG Z B, HU G Y, YAN C Z, YAN W L, WANG J F. Aeolian desertification and its causes in the Zoige Plateau of China's Qinghai-Tibetan Plateau. *Environmental Geology*, 2010, 59(8): 1731-1740.
- [5] 张晓庆, 参木友. 西藏草地畜牧业发展现状与重点任务. *中国草地学报*, 2020, 42(5): 157-163.
ZHANG X Q, SHEN M Y. The current situation and key tasks of grassland animal husbandry development in Tibet. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(5): 157-163.
- [6] 张敏, 王晓丽, 马玉寿, 王彦龙, 刘炜, 何斌, 秦金萍, 董瑞珍, 张力天, 杨时海. 西藏日喀则地区牧草供需研究. *草地学报*, 2021,

- 29(10): 2332-2338.
- ZHANG M, WANG X L, MA Y S, WANG Y L, LIU W, HE B, QIN J P, DONG R Z, ZHANG L T, YANG S H. Research on forage supply and demand in Rikaze, Tibet. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(10): 2332-2338.
- [7] FU J, CHU X, SUN Y, MIAO Y, XU Y, HU T. Nitric oxide mediates 5-aminolevulinic acid-induced antioxidant defense in leaves of *Elymus nutans* Griseb. exposed to chilling stress. *PLoS One*, 2015, 7(7): 1-18.
- [8] 乔安海. 青藏高原东部地区垂穗披碱草种子生产技术研究. 北京: 中国农业大学硕士学位论文, 2005.
- QIAO A H. Research on seed production technology of *Elymus nutans* in the eastern part of Qinghai-Tibet Plateau. Master Thesis. Beijing: China Agricultural University, 2005.
- [9] 尹婷婷, 李莉萍, 孟岩, 王玉祥, 谷丽丽, 张博. 22份披碱草属种质资源的表型多样性分析. *分子植物育种*, 2022, 20(7): 2409-2419.
- YIN T T, LI L P, MENG Y, WANG Y X, GU L L, ZHANG B. Phenotypic diversity analysis of 22 germplasm resources of *Phyllanthus* spp. *Molecular Plant Breeding*, 2022, 20(7): 2409-2419.
- [10] 李军, 杜俊颖, 杨莉, 宋连昭, 李鑫洋, 薛祝林, 刘贵河. 冀西北地区错期交叉混播对第3年草地生产力的影响. *草地学报*, 2022, 30(8): 2167-2172.
- LI J, DU J Y, YANG L, SONG L Z, LI X Y, XUE Z L, LIU G H. Effects of staggered cross-seeding on the productivity of grass in the third year in northwest Hebei Province. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(8): 2167-2172.
- [11] 乔朋放, 毕起, 李炫, 陈亮, 胡银岗. 春化及光周期基因的等位变异对小麦主要农艺性状及产量的影响. *麦类作物学报*, 2022, 42(10): 1192-1199.
- QIAO P F, BI Q, LI X, CHEN L, HU Y G. Effects of vernalization and allelic variation of photoperiod genes on major agronomic traits and yield of wheat. *Journal of Triticeae Crops*, 2022, 42(10): 1192-1199.
- [12] 史关燕, 王娟菲, 麻慧芳, 赵雄伟. 谷子杂交种产量与主要农艺性状的相关及回归分析. *作物杂志*, 2022(6): 82-87.
- SHI G Y, WANG J F, MA H F, ZHAO X W. Correlation and regression analysis of yield and major agronomic traits in cereal hybrids. *Crops*, 2022(6): 82-87.
- [13] 刘婷娜. 不同海拔垂穗披碱草生物学特性及种子产量研究. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 2014.
- LIU T N. Studies on biological characteristics and seed yield of *Elymus nutans* at different elevations. Master Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2014.
- [14] 李欣勇. 无芒隐子草草坪管理技术及种子产量持续性研究. 兰州: 兰州大学博士学位论文, 2015.
- LI X Y. *Cleistogenes songorica* turf management techniques and seed yield persistence study. PhD Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2015.
- [15] 刘婷娜, 王彦荣, 胡小文. 不同海拔垂穗披碱草种子产量及其构成因素. *草业科学*, 2014, 31(3): 468-473.
- LIU T N, WANG Y R, HU X W. Seed yield of *Elymus nutans* at different altitudes and its constituent factors. *Pratacultural Science*, 2014, 31(3): 468-473.
- [16] 雷雄, 闫利军, 吴婧, 白史且, 游明鸿, 季晓菲. 多效唑(PP₃₃₃)对阿坝垂穗披碱草种子产量与质量的影响. *草地学报*, 2017, 25(3): 633-638.
- LEI X, YAN L J, WU Q, BAI S Q, YOU M H, JI X F. Effect of poloxamer (PP₃₃₃) on seed yield and quality of *Elymus nutans* in Aba. *Acta Agrestia Sinica*, 2017, 25(3): 633-638.
- [17] 彭珍, 肖红, 潘涛涛, 鱼小军. 模拟践踏和降雨对天祝高寒区垂穗披碱草有性繁殖的影响. *中国草地学报*, 2020, 42(2): 14-21.
- PENG Z, XIAO H, PAN T T, YU X J. Simulated effects of trampling and rainfall on sexual reproduction of *Elymus nutans* in the alpine zone of Tianzhu. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(2): 14-21.
- [18] 况浩池, 杨扬, 曾正明, 罗俊涛, 陈光珍, 何兴材, 付均. 中等直链淀粉含量粳型杂交水稻组合稻米品质及相关性研究. *中国稻米*, 2014, 20(2): 25-28.
- KUANG H C, YANG Y, ZENG Z M, LUO J T, CHEN G Z, HE X C, FU J. Study on rice quality and correlation of indica hybrid rice combination with medium amylose content. *China Rice*, 2014, 20(2): 25-28.
- [19] 王平, 白玉路, 王闰霞, 蒲志刚, 张志勇, 向跃武, 李璐, 方春燕, 张志雄. 花香A系列杂交水稻组合产量及米质性状相关及途径分析. *中国稻米*, 2017, 23(1): 81-85.

- WANG P, BAI Y L, WANG M X, PU Z G, ZHANG Z Y, XIANG Y W, LI L, FANG C Y, ZHANG Z X. Correlation and throughput analysis of yield and rice quality traits in hybrid rice combinations of Huaxiang A series. *China Rice*, 2017, 23(1): 81-85.
- [20] 蒋聪, 段玉云, 杨旭昆, 吴志刚, 邹茜. 云南省高原粳稻主要农艺性状与产量的多重分析. *江苏农业科学*, 2020, 48(21): 74-83.
JIANG C, DUAN Y Y, YANG X K, WU Z G, ZOU Q. Multiple analysis of major agronomic traits and yield of highland japonica rice in Yunnan Province. *Jiangsu Agricultural Science*, 2020, 48(21): 74-83.
- [21] 甘露, 吴佳宏, 刘艳, 罗安才, 张宝林, 程小庆, 赵团, 罗兰, 沈航, 台琳玉, 赵正武. 杂交稻7个米质性状的变异及相关性分析. *杂交水稻*, 2019, 34(2): 63-68.
GAN L, WU J H, LIU Y, LUO A C, ZHANG B L, CHENG X Q, ZHAO T, LUO L, SHEN H, TAI L Y, ZHAO Z W. Variation and correlation analysis of seven rice quality traits in hybrid rice. *Hybrid Rice*, 2019, 34(2): 63-68.
- [22] 王旭成, 王琴, 宋文学, 王星, 王晶, 伏兵哲, 高雪芹. 21份披碱草农艺性状与产量形成的相关性分析. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2023(5): 1-11.
WANG X C, WANG Q, SONG W X, WANG X, WANG J, FU B Z, GAO X Q. Analysis on the correlation between agricultural characters and yield formation of 21 *Elymus dahuricus*. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2023(5): 1-11.
- [23] 常巍, 张则宇, 黄薇, 周燕飞, 高雪芹. 无芒雀麦农艺性状与产量形成关系的多重分析. *中国草地学报*, 2021, 43(4): 13-21.
CHANG W, ZHANG Z Y, HUANG W, ZHOU Y F, GAO X Q. Multiple analysis of the relationship between agronomic traits and yield formation in *Bromus inermis*. *Chinese Journal of Grassland Science*, 2021, 43(4): 13-21.

(责任编辑 苟燕妮)

2024 年第 1 期《草业科学》审稿专家

安沙舟	蔡延江	常生华	陈 功	陈有超	陈展宇	崔建宇	丁路明
董学会	高英志	高永恒	郭丽珠	韩云华	郝力壮	何丙辉	侯扶江
黄 骥	贾倩民	李会科	李晓佳	刘 杰	刘永杰	马西青	马秀枝
毛培胜	孟宝平	孟泽昕	牟祚民	彭 飞	宋仁德	苏军虎	王 冬
王惟惟	王云强	席杰军	杨 超	游成铭	于应文	鱼小军	张 程
张光雨	张红霞	张建全	周建伟	周学雅			

承蒙以上专家对《草业科学》期刊稿件的审阅, 特此表示衷心的感谢!