

小黑麦种质资源筛选及农艺性状评价

杨春桃,李 强,唐玮琦,严东海,张瑞珍*

(四川省草业技术研究推广中心,四川 成都 610041)

摘 要:采用田间小区试验的方法,从22份人工杂交合成的小黑麦中选出44个优势单株,通过连续两年田间观测评价,筛选出9个叶量丰富、抗逆性强的种质资源,并开展田间农艺性状评价。通过进一步观测评价,发现B4、B5、B9生育期较短,在成都平原农艺性状表现综合情况较好,干草产量最高达 $(17\ 156.39 \pm 56.88) \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,具备高蛋白(11.3%)和高淀粉(24.1%)特性。对其进一步筛选研究,挖掘耐寒、早熟、高品质新品系,丰富小黑麦饲草种质资源,为草牧业高质量发展提供种源基础。

关键词:小黑麦;种质资源;农艺性状

中图分类号:S512

文献标志码:A

文章编号:2095-4271(2026)05-0473-07

Screening of germplasm resources and evaluation of agronomic traits in tritcale

Yang Chuntao, Li Qiang, Tang Weiqi, Yan Donghai, Zhang Ruizhen*

(Grassland and Technology Research and Extension Center of Sichuan Province, Chengdu 610041, China)

Abstract: Using a field plot experiment, 44 dominant single plants were selected from 22 artificially synthesized tritcale lines. Through two consecutive years of field observation and evaluation, 9 germplasm resources with abundant leaf biomass and strong stress resistance were selected, and their agronomic traits were evaluated in the field. Further observation and evaluation revealed that lines B4, B5, and B9 had shorter growth periods and generally favorable agronomic traits in the Chengdu Plain. Their hay yield reached up to $(17\ 156.39 \pm 56.88) \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, with high protein content (11.3%) and high starch content (24.1%). Further screening and research on these lines will facilitate the development of cold-tolerant, early-maturing, and high-quality lines suitable for Sichuan Province, enrich the forage germplasm resources of tritcale in the province, and provide a genetic foundation for the high-quality development of the grassland and husbandry industry in Sichuan.

Keywords: tritcale; germplasm resources; agronomic traits

小黑麦(*Triticosecale* Wittmack)是人工合成的第一个谷类作物^[1],由小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)远缘杂交并经染色体数加倍培育而成^[2]。自20世纪30年代以来,六倍体和八倍体小黑麦在中国、瑞典、美国、加拿大、日本等多个国家相继培育成功,

其遗传背景丰富、性状多样,在生产中表现出了小麦丰产优质的特性和黑麦抗逆性强、适应性广的特点,加之其具备较强的抗寒抗旱和广泛适应的特性,逐渐发展成为重要的粮饲兼用型作物^[3]。近年来,随着畜牧业的快速发展,优质饲草的需求日益增加,小黑麦

收稿日期:2025-05-24

*通信作者, E-mail: sczhangruizh@163.com

基金项目:国家现代农业产业技术体系四川饲草创新团队(SCCXTD-2024-16);四川省科技下乡万里行牧草产业技术服务62团

引用格式:杨春桃,李强,唐玮琦,等.小黑麦种质资源筛选及农艺性状评价[J].西南民族大学学报(自然科学版),2026,52(5):473-479.

Yang Chuntao, Li Qiang, Tang Weiqi, et al. Screening of germplasm resources and evaluation of agronomic traits in tritcale[J]. Journal of Southwest Minzu University (Natural Science Edition), 2026, 52(5): 473-479.

因其生物量大、营养丰富、抗寒耐旱等特点,已成为缓解冬春季节饲草短缺的重要作物之一。据农业农村部畜牧业综合信息草业子平台(<https://foragegrass.nahs.org.cn/ht/home>)统计,2024 年四川饲用小黑麦种植面积达 1 916.7 hm²,主要集中在阿坝州、南充市、凉山州和内江市等区域,其干草产量达 16 200 t,为川西北地区冬春枯草期提供优质饲草作为重要补充。

我国自 20 世纪 80 年代以来已选育出中饲 237、甘农 2 号、冀饲 3 号等一批优良饲用小黑麦品种,但多数适应于黄淮海等地区^[4]。在西北地区如青海、甘肃、宁夏等省区,围绕小黑麦的耐盐碱、抗旱性及营养品质已有较多研究^[5-10],然而针对西南地区尤其是四川省多样化生态条件的小黑麦种质资源筛选与评价研究较为缺乏。四川省作为畜牧业大省,优质饲草供需矛盾突出,饲草缺口较大,特别是豆科及冬性饲草严重不足,制约了草牧业的高质量发展^[11]。选育适宜四川不同生态区种植的早熟、耐寒、高产优质小黑麦新品种,对保障区域饲草供给、促进草牧业降本增效具有重要意义。

本研究从 22 份人工杂交合成的小黑麦资源中初步筛选出 44 个优良单株,经连续两年田间观测与农艺性状评价,最终选出 9 个表现优异的种质资源,并对其物候特性、产量结构、营养品质等进行了系统比较,以期四川地区小黑麦新品种选育与推广应用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

通过 2021—2022 年和 2022—2023 年的田间观察,从四川农业大学小麦研究所提供的 22 份人工合成小黑麦种质资源中,筛选出具备叶量丰富、抗病性强、株型紧凑且直立等优异农艺性状的单株 44 个,单株单穗收种后再次筛选出 9 个优势单株。

1.2 试验场地

本试验在国家草品种区域试验(成都)站内开展。该试验地位于东经 103°45′、北纬 30°29′,海拔 478 m,地形平坦,黄壤;气候温和,雨量充沛,属盆地中部湿润气候区。

1.3 试验设计

1.3.1 单株选择:

2021—2022 年间进行了第 1 次筛选。在平整且肥力一致的地块上,采用育苗移栽的方法种植 22 份人工合成小黑麦种质(F₆代),每份种植 50 株,采用田间目测的方法,筛选出具备叶片宽大、抗蚜虫、抗病、株型直立、生育期较短等目标性状的单株,单株单穗收种后继续种植。2022—2023 年间对单株单穗收种的材料再次播种进行田间观测,记录优势农艺性状,收种时测定株高、分蘖数等。单株选择出 9 份优异种质进行进一步评价筛选。

1.3.2 农艺性状评价:

选择地面平整、肥力均匀一致的地块,于 2023 年 10 月 28 日播种筛选出的 9 份种质,随机区组设计,每份材料重复 4 次,其中 1 个重复用于测定农艺性状和收种,3 个重复用于草产量及营养成分测定。小区面积 15 m²(3 m×5 m),条播,行距 30 cm,每小区 10 行,播深 1.5~2.0 cm,过道 0.8 m。

1.4 测定方法

播种后每周进行田间观测 1 次。乳熟期刈割测产、测干鲜比和茎叶比,测产时先去掉小区两侧边行,再将余下的 8 行留中间 4 m,然后去掉两头,实测所留 9.6 m²的鲜草产量;测产后从每个重复中随机取适量草样混合均匀,参照 GB 5009.5—2016《食品中蛋白质的测定》、GB 5009.4—2016《食品中灰分的测定》、GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》、GB/T 20806—2022《饲料中中性洗涤纤维(NDF)的测定》、NY/T 1459—2022《饲料中酸性洗涤纤维的测定》、GB 5009.9—2023《食品中淀粉的测定》等国家和行业标准》等国家和行业标准,测定粗蛋白质(CP)、粗灰分(CA)、粗脂肪(CF)、中性洗涤纤维(NDF)、酸性洗涤纤维(ADF)和粗淀粉(CD)含量等营养成分。完熟期每份种质随机选取 10 株考种,测定株高、叶片数、茎节数、单株茎数、有效分蘖数、第二节长、第一节长、基节粗和穗长等 9 个农艺性状指标。

1.5 数据分析

本试验采用 Excel 2019 处理数据,用 SPSS 22.0 统计软件对数据进行单因素方差分析(one-way ANOVA),并用 Duncan 氏进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 单株筛选

通过第一年田间观察筛选出 44 个优良单株(表 1),具备叶片宽大、抗蚜虫、抗病、株型直立、生育期较短等目标性状。单株收种后于 2022—2023 年间再次种植,进行田间评估,淘汰死亡、矮小、感病和种子产量低的材料,最终筛选出 9 份表现优异的材料,标注为 B1~B9。B1 叶片宽大、茎直立、抗锈病;B2 叶片较宽、茎

直立、抗锈病和蚜虫、分蘖数 53 个;B3 茎粗且直立、叶片宽大且直立、抗锈病和蚜虫、分蘖数 42 个;B4 茎较粗直立且被蜡、拔节期早、抗锈病和蚜虫、分蘖数 47 个;B5 叶片较大、茎较粗且直立、抗锈病和蚜虫、株高 189 cm;B6 株型好、茎粗且直立、抗锈病、株高 182 cm;B7 叶片大、茎粗且直立、抗锈病和蚜虫;B8 叶色深、茎较粗且直立、抗锈病、株高 182 cm;B9 叶色深、穗长穗大、抗锈病和蚜虫。

表 1 44 个优势单株目标性状

Table1 Target traits of 44 dominant single plants

资源号	单株编号	特征特性	株型	抗病性	抗蚜虫	株高/cm	分蘖数	备注
1033-1034	A1	叶片宽大	半匍匐	是	是	—	—	植株死亡
	A2	茎粗	半直立	—	—	—	—	植株死亡
1035-1036	A3	茎粗	半直立	—	—	186	20	感病、基部叶片发黄
	A4	叶片宽大	半直立	—	—	170	30	感病
1037-1038	A5	叶片宽大	直立	是	—	163	30	B1
	A6	叶片宽大	直立	—	—	160	30	感病
1041-1042	A7	株型紧凑	直立	是	是	—	—	植株死亡
	A8	叶片较宽、茎粗	半直立	是	是	168	48	种子量少
1043-1044	A9	叶片较宽、茎粗	直立	是	是	172	53	B2
	A10	叶面被蜡	直立	是	是	180	36	A9 更优
1045-1046	A11	茎粗	半直立	是	—	—	—	植株死亡
	A12	叶片深绿	半直立	—	—	150	43	感病、不便于机械化收割
1047-1048	A13	茎粗	半直立	是	是	160	27	不便于机械化收割
	A14	茎粗	半匍匐	是	是	120	30	不便于机械化收割
1049-1050	A15	茎粗、叶片宽大且直立	直立	—	—	170	28	感病
	A16	叶片直立	直立	是	是	155	45	植株矮小
1051-1052	A17	叶量丰富、叶下垂	直立	是	是	142	27	植株矮小
	A18	叶片较大	直立	是	是	177	48	种子量少
1053-1054	A19	茎粗、叶片宽大且直立	直立	是	是	176	42	B3
	A20	茎粗	直立	是	是	165	25	植株矮小
1055-1056	A21	茎粗	直立	是	是	162	21	植株矮小
	A22	茎粗、株型好紧凑直立	直立	是	是	165	35	植株矮小
1057-1058	A23	茎较粗且被蜡、叶较宽	直立	是	—	—	—	植株死亡
	A24	茎较粗且被蜡	直立	是	是	165	53	植株矮小
1059-1060	A25	茎较粗且被蜡、拔节期早	直立	是	是	180	47	B4
	A26	茎较粗且被蜡	直立	是	是	176	47	A25 更优
1061-1062	A27	茎较粗且被蜡	直立	是	是	180	47	A25 更优
	A28	茎较粗且被蜡	直立	是	是	155	46	植株矮小
1063-1064	A29	叶片较大、茎较粗	直立	是	是	189	30	B5
	A30	叶片较大、茎较粗	半直立	是	是	185	54	A32 更优
1065-1066	A31	株型好、茎粗	直立	是	是	168	18	植株矮小

(续表1)

资源号	单株编号	特征特性	株型	抗病性	抗蚜虫	株高/cm	分蘖数	备注
1069-1050	A32	株型好、茎粗	直立	是	—	182	26	B6
	A33	叶片大、茎粗	直立	是	—	178	25	A34更优
	A34	叶片大、茎粗	直立	是	是	172	25	B7
	A35	株型好	直立	是	是	175	28	A34更优
	A36	茎较粗	直立	是	—	189	23	A37更优
1071-1072	A37	叶色深、茎较粗	直立	是	—	182	19	B8
	A38	茎较粗	直立	是	—	160	21	植株矮小
	A39	茎较粗	直立	是	—	170	41	A37更优
1073-1074	A40	叶片较大	直立	是	—	175	35	A37更优
	A41	叶片较大	直立	是	—	160	31	植株矮小
	A42	叶片较大	半直立	是	—	165	34	植株矮小
1075-1076	A43	叶色深	半直立	是	是	172	42	A44更优
	A44	叶色深、穗长穗大	半直立	是	是	177	30	B9

2.2 物候期

9个种质资源出苗期集中在2023年11月4—6日,其中B8出苗最晚(11月6日).B4、B6、B7分蘖最早,B1、B2、B3最晚.B4、B5在2月20日拔节,早于其它品种(2月22—23日),可能与抗寒性相关.抽穗期

分为两组:B5、B6、B7在3月30日抽穗,其余在3月27日,晚抽穗可能适应更冷气候.开花期和成熟期跨度较大,B4最早成熟(5月11日)生育期为196 d,B1和B9次之(5月13日)生育期为198 d,其余生育期为203 d,见表2.

表2 小黑麦种质资源物候期记录

Table 2 Phenological period record of triticale germplasm resources

编号	播种期/m-d	出苗期/m-d	分蘖期/m-d	拔节期/m-d	孕穗期/m-d	抽穗期/m-d	开花期/m-d	成熟期/m-d	生育天数/d
B1	10-28	11-4	11-30	2-23	3-6	3-27	4-9	5-13	198
B2	10-28	11-4	11-30	2-23	3-6	3-27	4-6	5-18	203
B3	10-28	11-5	11-30	2-23	3-5	3-27	4-11	5-18	203
B4	10-28	11-4	11-20	2-20	3-5	3-27	4-3	5-11	196
B5	10-28	11-5	11-23	2-20	3-5	3-30	4-9	5-18	203
B6	10-28	11-4	11-20	2-23	3-5	3-30	4-6	5-18	203
B7	10-28	11-5	11-20	2-23	3-5	3-30	4-9	5-18	203
B8	10-28	11-6	11-25	2-23	3-6	3-27	4-9	5-18	203
B9	10-28	11-5	11-23	2-22	3-5	3-27	4-6	5-13	198

2.3 农艺性状比较

由表3可知,株高最高的B6为(196.87±3.10) cm,分别与B2、B7、B8和B9差异不显著($P>0.05$),分别与B4和B5差异显著($P<0.05$),分别与B1和B3($P<0.01$)差异极显著;叶片数最多的B3为9片,分别与B1和B8差异不显著($P>0.05$),与B9差异显著($P<0.05$),分别与B2、B4、B5、B6和B7差异极显著($P<0.01$);茎节数最多的B3、B7和B8均为(5.67±0.33)个,各组间差异均不显著($P>0.05$);第二节长最长的B6为(41.33±1.60) cm,分别与B2、B4、B5、

B7、B8和B9差异均不显著($P>0.05$),分别与B1和B3差异极显著($P<0.01$);第一节长最长的B2为(70.77±1.25) cm,分别与B1、B3、B4、B5、B6、B7和B9差异不显著,与B8差异显著($P<0.05$);基节粗最粗的B3为(8.53±0.25) cm,与B4差异不显著($P>0.05$),分别与B5、B6、B7和B9差异显著($P<0.05$),分别与B1、B2和B8差异极显著($P<0.01$);穗长最长的B1为(17.33±0.93) cm,分别与B2、B3、B6、和B8差异不显著,分别与B4、B5、B7和B9差异极显著($P<0.05$).

2.4 成穗率

由表 4 可知,单株茎数最多的 B4 为(34.67±6.01)个,与 B2 差异不显著,分别与 B3、B5、B6 和 B8 差异显著($P<0.05$),分别与 B1、B7 和 B9 差异极显著($P<0.01$);有效分蘖数最多的 B4 为(34.67±6.01)个,与 B2

差异不显著($P>0.05$),分别与 B5 和 B6 差异显著($P<0.05$),分别与 B1、B3、B7、B8 和 B9 差异极显著($P<0.01$);成穗率最高的 B4、B5、B6、B7 和 B9 均为(100.00±0.00)%,分别与 B1、B2 差异不显著,与 B3 差异显著($P<0.05$),与 B8 差异极显著($P<0.01$).

表 3 小黑麦种质资源农艺性状比较
Table 3 Comparison of agronomic traits of triticale germplasm resources

编号	株高/cm	叶片数/片	茎节数/个	第二节长/cm	第一节长/cm	基节粗/mm	穗长/cm
B1	161.93±5.18 ^{Aa}	8.67±0.33 ^{ABbc}	5.00±0.00	31.50±0.87 ^{ABa}	63.83±1.69 ^{ab}	6.31±0.39 ^{Aa}	17.33±0.93 ^b
B2	188.23±4.18 ^{BCcd}	8.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00	39.37±0.33 ^{BCb}	70.77±1.25 ^b	6.37±0.28 ^{Aa}	15.87±1.07 ^{ab}
B3	165.67±6.17 ^{ABab}	9.00±0.00 ^{Bc}	5.67±0.33	30.33±1.74 ^{Aa}	64.60±2.81 ^{ab}	8.53±0.25 ^{Bb}	17.00±1.00 ^b
B4	174.33±7.62 ^{ABCabc}	8.00±0.00 ^{Aa}	5.33±0.33	35.40±2.31 ^{ABCab}	69.27±0.67 ^{ab}	7.43±0.42 ^{ABab}	13.30±0.40 ^a
B5	172.67±5.67 ^{ABCabc}	8.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00	36.33±3.33 ^{ABCab}	64.50±2.08 ^{ab}	6.94±0.26 ^{ABa}	12.93±0.72 ^a
B6	196.87±3.10 ^{Cd}	8.00±0.00 ^{Aa}	5.00±0.00	41.33±1.60 ^{Cb}	67.60±3.84 ^{ab}	7.30±0.52 ^{ABa}	15.40±0.40 ^{ab}
B7	190.17±5.07 ^{BCcd}	8.00±0.00 ^{Aa}	5.67±0.33	40.17±2.57 ^{Cb}	62.03±1.70 ^{ab}	7.22±0.56 ^{ABa}	13.50±1.76 ^a
B8	190.00±5.51 ^{BCcd}	8.67±0.33 ^{ABbc}	5.67±0.33	38.77±1.24 ^{BCb}	61.67±3.15 ^a	6.33±0.38 ^{Aa}	15.23±0.23 ^{ab}
B9	180.33±6.57 ^{ABcd}	8.33±0.33 ^{ABab}	5.00±0.00	39.93±0.92 ^{BCb}	64.27±3.96 ^{ab}	7.14±0.07 ^{ABa}	13.03±1.74 ^a

注:同列肩标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$);不同大写字母表示差异极显著($P<0.01$);标有相同字母或无标注表示差异不显著($P>0.05$).下同

表 4 小黑麦种质资源成穗率比较

Table 4 Comparison of the heading rate of triticale germplasm resources			
编号	单株茎数/个	有效分蘖数/个	成穗率/%
B1	17.33±3.48 ^{ABa}	16.00±2.89 ^{ABa}	93.33±3.38 ^{Bbc}
B2	30.33±6.06 ^{BCbc}	30.00±6.08 ^{BCbc}	99.00±1.00 ^{Bc}
B3	19.67±2.96 ^{ABCab}	15.33±1.33 ^{ABa}	81.33±12.35 ^{ABab}
B4	34.67±6.01 ^{Cc}	34.67±6.01 ^{Cc}	100.00±0.00 ^{Bc}
B5	23.00±3.51 ^{ABCab}	23.00±3.51 ^{ABCab}	100.00±0.00 ^{Bc}
B6	22.00±1.15 ^{ABCab}	22.00±1.15 ^{ABCab}	100.00±0.00 ^{Bc}
B7	17.67±0.88 ^{ABa}	17.67±0.88 ^{ABa}	100.00±0.00 ^{Bc}
B8	20.67±1.20 ^{ABCab}	14.33±1.45 ^{Aa}	69.33±4.67 ^{Aa}
B9	13.33±2.03 ^{Aa}	13.33±2.03 ^{Aa}	100.00±0.00 ^{Bc}

2.5 草产量与茎叶比

由表 5 可知,B9 鲜草产量最高,为(61 080±659.72) kg·hm⁻²,与 B5 差异不显著($P>0.05$),分别与 B1、B2、B3、B4、B6、B7、B8 差异极显著($P<0.01$);B4 干草产量最高,为(17 156.39±56.88) kg·hm⁻²,分别与 B5、B9 差异不显著($P>0.05$),分别与 B1、B2、B3、B6、B7 和 B8 差异极显著($P<0.01$);茎叶比最高的 B6、B8 均为 1.55,最低的 B4 为 1.03.

表 5 小黑麦种质资源草产量及茎叶比

Table 5 Grass yield and stem-leaf ratio of triticale germplasm resources			
编号	鲜草产量/(kg·hm ⁻²)	干草产量/(kg·hm ⁻²)	茎叶比
B1	47 610±489.06 ^{Bb}	13 790.66±151.63 ^{Bb}	1.41
B2	55 990±291.93 ^{De}	15 053.30±95.84 ^{Cc}	1.40
B3	54 680±348.17 ^{CDd}	16 457.40±136.85 ^{Dd}	1.28
B4	55 530±99.87 ^{Dde}	17 156.39±56.88 ^{Ee}	1.03
B5	60 385±360.45 ^{Ef}	16 842.28±124.45 ^{DEc}	1.45
B6	53 250±394.68 ^{Cc}	13 900.26±64.04 ^{Bb}	1.55
B7	42 230±160.70 ^{Aa}	11 858.98±58.84 ^{Aa}	1.21
B8	48 340±365.62 ^{Bb}	13 586.05±95.28 ^{Bb}	1.55
B9	61 080±659.72 ^{Ef}	17 102.40±184.72 ^{Ee}	1.33

2.6 营养成分

各营养成分均以干样计(g/100 g),B1 NDF(43.0%)和 B7 ADF(25.4%)纤维含量较低;B2 NDF/ADF(48.2%/30.8%)和 CF(2.5%)较高;B5 CP(9.17%)和 NDF/ADF(44.5%/28.5%)各项指标较均衡,B9 同时具备高 CP(11.3%)和高 CD(24.1%).见表 6.

表 6 小黑麦种质资源饲草营养成分情况

Table 6 Nutritional components of forage in triticale germplasm resources

编号	粗蛋白质(CP)/ /(g/100g)	粗灰分(CA)/ (g/100 g)	粗脂肪(CF)/ (g/100 g)	粗淀粉(CD)/ (g/100 g)	中性洗涤 纤维(NDF)/%	酸性洗涤 纤维(ADF)/%
B1	8.57	6.0	1.8	19.4	43.0	28.4
B2	8.98	6.5	2.5	20.7	48.2	30.8
B3	8.18	6.2	1.9	20.8	47.0	25.8
B4	8.13	5.8	2.1	23.3	45.6	27.1
B5	9.17	6.7	2.1	20.7	44.5	28.5
B6	9.39	6.1	1.2	18.5	47.5	30.4
B7	8.77	6.3	2.0	18.4	44.8	25.4
B8	8.60	5.9	1.1	19.2	46.4	28.3
B9	11.30	6.3	2.4	24.1	44.8	26.5

3 讨论

3.1 小黑麦种质在成都平原的产量表现及适应性

本研究筛选的 9 份小黑麦材料在成都平原表现出良好的生态适应性,其株高、分蘖数及产量构成要素与国内其它生态区的研究结果既有共性也有差异.单位面积鲜草产量的高低主要取决于茎蘖数和单茎的重量,较高的分蘖成穗率和适当的分蘖数有助于增加单茎重量,提高鲜食饲料和种子的产量^[12-13],而干草产量以及干鲜比是评价小黑麦饲用价值的重要指标^[13].参试材料的株高(161.93~196.87) cm 与祁星民等^[14]在环湖地区报道的(160.99~202.07) cm 结果基本一致,表明小黑麦作为一种高秆饲草作物,在不同环境下能保持较高的生物量积累能力.本研究的鲜草产量(42 230~61 080) kg·hm⁻²相较于朱琳等^[15]报道的数据处于中等水平,这可能是由于成都平原冬春季的光照、积温和湿度等气候条件与北方牧区存在显著差异,影响了小黑麦的光合效率和氮代谢过程;相较于其它研究的小黑麦产量^[8,10,12,16-17],本研究筛选出的种质资源的鲜(干)草产量居中上,B4、B5 和 B9 在干草产量均超过 16 500 kg·hm⁻²和成穗率 100% 方面表现突出,具有优异的分蘖成穗能力和群体稳定性.通过进一步筛选,固定高产的关键因素^[16-17],有望获得在四川盆地生态条件下具有高成穗率和高效干物质转化能力的种质.

3.2 关键农艺性状与营养品质的综合评价

本研究对茎叶比、纤维含量、蛋白质含量等与饲用品质密切相关的性状进行了综合分析.茎叶比是

反映饲草适口性和营养价值的关键指标,比值越低,品质更优^[18].本研究中茎叶比最高的 B6、B8(1.55)与最低的 B4(1.03)差异显著,表明不同种质间存在丰富的遗传多样性.在同日取样进行营养测定时,因 B4 早熟,叶片已衰老黄化,可能影响粗蛋白等指标的测定结果,其营养品质有待进一步研究.B1 和 B7 的纤维含量较低,可能具有更好的消化率;B2 的脂肪含量最高(2.5%),能值潜力大.相较于林志玲等在川西北高寒牧区秋播的小黑麦,其蛋白质含量介于 8.4%~11.95%^[19],齐文嘉等在甘肃中部种植的 8 个小黑麦品系蛋白质含量为 5.78%~7.73%^[7],本试验材料的蛋白质含量为 8.57%~11.3%,处于中高水平,其中,B9 同时具备了高蛋白(11.3%)和高淀粉(24.1%)的突出优势,这种“高能高蛋白”的营养组合在现代畜牧养殖中对于提高饲料效率和动物生产性能具有重要意义.

3.3 优良种质的选择与应用前景

基于物候期、产量和品质的综合评价,B4、B5 和 B9 是具有应用潜力的优异种质.B4(生育期 196 d)属于早熟品种,其早熟特性非常适合成都平原及类似地区“水稻-小黑麦”等粮草轮作系统的需求,提高土地复种指数;B5 表现出“早拔节、晚抽穗”的独特物候特性,可能具有较强的抗寒性或“避寒”机制,这对于在川西北高寒牧区应对早春低温冻害、挖掘耐寒品系具有重要的研究和应用价值;B9 具有高产和优异的营养品质,非常适合作为优质青贮饲料的补充来源.

综上所述,筛选出的优良种质能够丰富四川地区小黑麦新品种选育的材料来源,而且其不同的特性为满足多样化种植制度和养殖需求提供了解决方案.

后续将对在成都平原农艺性状表现综合情况较好的B4、B5和B9开展区域试验、生产试验和抗逆性(耐寒、耐湿)精准鉴定,加速其育种利用进程,以期选育出适合四川不同生态区种植的小黑麦新品种。

4 结论

通过评价和筛选,发现B4、B5、B9等3份材料农艺性状表现综合情况较好,干草产量均超过 $16\ 500\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,其中B4生育期较短、B5表现出“早拔节、晚抽穗”的独特物候特性、B9具备高蛋白(11.3%)和高淀粉(24.1%)。对其进一步筛选研究,挖掘耐寒、早熟、高品质新品系,丰富小黑麦饲草种质资源,为草牧业高质量发展提供种源基础。

参考文献

- [1]颜济,杨俊良.小麦族生物系统学(第二版第二卷)[M].北京:中国农业出版社,2013:43-44.
- [2]孙敏,郭媛.小黑麦生物学特性、营养价值及利用前景[J].山西农业大学学报(自然科学版),2003,23(3):200-203.
- [3]郭莹,杨芳萍.六倍体小黑麦饲用特性及应用前景[J].草业科学,2018,35(03):635-644.
- [4]辛国昌,苏红田,负旭江.中国审定登记草品种集[M].中国农业出版社:202206:215-222.
- [5]刘成凯,马福才,李杰东,等.青海轻度盐碱地饲用小黑麦种质资源评价与筛选[J/OL].广西植物,1-17[2025-06-04].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1134.Q.20250515.1324.006.html>.
- [6]刘淑敏,杜文华,赵方媛,等.干旱条件下小黑麦品系在甘肃中东部地区的适应性评价[J/OL].草原与草坪,1-11[2025-06-04].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1156.s.20250514.1754.002.html>.
- [7]齐文嘉,王旭,褚红丽,等.8个小黑麦品系在甘肃中部地区的形态特性及营养品质比较[J].草原与草坪,2025,45(01):107-114.
- [8]岳竞之,孙迷平,牛小沛,等.刈割期对豫西北地区小黑麦草产量和营养品质的影响[J].饲料研究,2024,47(15):112-118.
- [9]魏向宇,王斌,王腾飞,等.宁夏引黄灌区10个品种小黑麦籽粒产量及营养价值评价[J].草业科学,2024,41(07):1668-1678.
- [10]马霞,王斌,王腾飞,等.宁夏盐碱地饲用小黑麦品种(系)生产性能及营养品质综合评价[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2024,52(09):19-29.
- [11]唐川江,刘伟,杨春桃,等.四川省2023年饲草生产形势与产业发展报告[J].四川畜牧兽医,2024,51(05):1-3.
- [12]祝嘉慧,褚红丽,史志强,等.15份小黑麦材料在甘南高寒牧区的生产性能及营养品质[J].草原与草坪,2024,44(04):133-140.
- [13]姜涛,李玮,董召荣,等.饲用小黑麦品种比较研究[J].安徽农学通报(上半月刊),2009,15(09):118-119.
- [14]祁星民,祁培勇,魏希杰.环湖地区8种小黑麦引种试验[J].草学,2020(06):40-43.
- [15]朱琳,周镇磊,李云,等.小黑麦种质资源农艺与品质性状的分析与评价[J/OL].分子植物育种,1-13[2025-03-28].<http://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20220303.0901.002.html>.
- [16]姜涛,李玮,董召荣,等.饲用小黑麦品种比较研究[J].安徽农学通报(上半月刊),2009,15(09):118-119.
- [17]郭蕊,金星娜,常丹丹,等.饲用小黑麦重组自交系群体草产量的相关性状分析[J].草原与草坪,2024,44(03):96-100+107.
- [18]刘晶,赵方媛,杜文华,等.甘肃省不同生态区高产优质小黑麦种质的筛选[J].草原与草坪,2019,39(05):44-52.
- [19]林志玲,杨永强,杜文华,等.川西北高寒牧区秋播小黑麦材料的生产性能和营养品质[J].草原与草坪,2025,45(03):154-159.

(责任编辑:和力新,殷锋,付强,张阳,肖丽;英文编辑:郑玉才,周序林)