

小黑麦品系在甘肃中部地区种子产量及产量构成因素的研究

熊志文,田新会,杜文华*

(甘肃农业大学草业学院,草业生态系统教育部重点实验室,甘肃省草业工程实验室,中-美草地畜牧业可持续发展研究中心,甘肃 兰州 730070)

摘要:【目的】筛选适宜在甘肃中部地区种植的小黑麦品系。【方法】以甘肃农业大学培育的28份小黑麦品系为试验材料,比较不同品系小黑麦种子产量及产量构成因素(穗长、小穗数、穗粒数、穗粒重、千粒重)的差异,初步筛选种子产量高的小黑麦品系。【结果】30份小黑麦材料的种子产量和构成因素存在显著差异($P<0.05$),品系TP17-68的种子产量最高(4 247.08 kg/hm²)。种子产量构成因素中,穗粒重与种子产量显著正相关($P<0.05$),对种子产量的直接作用最大;穗粒数通过穗粒重对种子产量的间接作用最大。【结论】TP17-68小黑麦品系的种子产量最高,适于在临洮地区作为粮用小黑麦进行种植;小黑麦育种中应优先考虑穗粒重和穗粒数,以获得较高繁殖效率。

关键词:小黑麦;种子产量;产量构成因素;通径分析;回归分析

中图分类号:S544.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2023)05-0152-07

DOI:10.13817/j.cnki.cyycp.2023.05.020



小黑麦(*×Triticosecale*)是由小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)植物通过远缘杂交、染色体重组得到的人工异源多倍体新物种,既具有小麦高产优质的特性,又兼具黑麦抗逆性强和适应性广的特点^[1-2]。小黑麦广泛分布在中国西南、西北高寒地区,以及一些自然条件艰巨、年降水量少和无霜期长短不一的地区。小黑麦根系发达、生长快,对氮、磷利用率高,相对其他牧草来说,更可以节省肥水和延长青饲料供应期^[3-4]。小黑麦可粮饲兼用,小黑麦的种子产量和秸秆的营养价值,包括糖分和蛋白质的含量明显高于小麦和燕麦。小黑麦不仅是反刍家畜重要的优质饲草

来源^[5-6],也是甘肃高海拔地区进行饲料生产和土壤盐碱地稳产的优势牧草^[7-8]。

目前为止,国内外对小黑麦的研究主要集中在饲草产量、营养价值和品种选育等方面^[8-10],对小黑麦种子产量及产量构成因素方面的报道较少^[11-13]。陈丽霞等^[11]通过研究甘农1号小黑麦在甘肃省临夏县、临洮县和静宁县的种子产量,得出该小黑麦为高产种质,临夏为其生产籽粒的最佳种植地区。赵雅姣等^[12]研究发现,在甘肃临洮地区千粒重对小黑麦种子产量的直接效应最大,穗粒重、千粒重对种子产量的间接作用最大。赵方媛等^[13]通过研究饲料型小黑麦的种子产量、产量构成因素和籽粒营养价值,用隶属函数法筛选出了适宜在甘肃省冷凉地区种植的饲料型小黑麦种质资源。

研究小黑麦的种子产量及产量构成因素,对小黑麦新品种培育具有重要意义。本试验拟通过研究甘肃农业大学培育的28份小黑麦品系的种子产量及产量构成因素,探讨小黑麦种子产量构成因素和种子产量的关系,旨在筛选出适宜在甘肃中部地区种植的小黑麦品系,为新品种审定登记奠定理论基础。

收稿日期:2022-04-05;**修回日期:**2022-04-26

基金项目:国家自然科学基金(32260339);西藏重大专项(XZ202101ZD003N);甘肃省高等学校产业支撑计划项目(2022CYZC-49);甘肃省重大专项(21ZD4NA012)

作者简介:熊志文(1997-),男,云南昆明人,硕士研究生。

E-mail:2457148050@qq.com

*通信作者。E-mail:duwh@gsau.edu.cn

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验点位于甘肃省定西市临洮县洮阳镇李范家村, E 103°49', N 35°23'。海拔 1 917 m, 年降水量 562 mm, 年均温 8.0 °C, 无霜期 153 d。试验地土壤为黑麻土, 肥力均匀, 地势平坦, 无灌溉条件, 前茬作物为小黑麦。播种日期为 2020 年 10 月 1 日。

1.2 试验材料

试验材料共 30 份, 其中 28 份材料为甘肃农业大学草业学院培育的小黑麦品系, 2 份对照为国审小黑麦品种石大 1 号(CK1)和中饲 1048(CK2)。

1.3 试验设计

单因素随机区组设计。小黑麦材料 30 份, 每份材

表 1 小黑麦材料名称及编号

Table 1 Triticale material name and number

编号	材料名称	编号	材料名称
P1	TP17-1	P16	TP17-38
P2	TP17-10	P17	TP17-39
P3	TP17-15	P18	TP17-40
P4	TP17-18	P19	TP17-41
P5	TP17-19	P20	TP17-48
P6	TP17-20	P21	TP17-56
P7	TP17-22	P22	TP17-57
P8	TP17-25	P23	TP17-58
P9	TP17-27	P24	TP17-60
P10	TP17-28	P25	TP17-61
P11	TP17-29	P26	TP17-66
P12	TP17-31	P27	TP17-67
P13	TP17-32	P28	TP17-68
P14	TP17-34	CK1	石大 1 号
P15	TP17-37	CK2	中饲 1048

表 2 小黑麦品系种子产量及构成因素的方差分析

Table 2 Analysis of variance of triticale seed yield and its components

变异来源	F 值					
	种子产量	穗长	小穗数	穗粒数	穗粒重	千粒重
材料间	16.416*	3.189*	2.555*	4.169*	5.489*	77.574*

注: *表示差异显著水平($P < 0.05$)

2.1 种子产量

30 份小黑麦材料中种子产量最高的是 P28 (4 247.08 kg/hm²), 是 CK1 的 2.8 倍、CK2 的 1.8 倍, 该品系的种子产量除与 P2 和 P19 无显著差异外, 显著高于其他处理($P < 0.05$); CK1 的种子产量最低(1 506.25

kg/hm²), 除与 P25 和 P23 无显著差异外, 显著低于其他处理($P < 0.05$)。P1、P2、P9、P19 和 P13 的种子产量均大于 3 500 kg/hm², 其他品系的种子产量为 1 900~3 500 kg/hm² (图 1)。

1.4 测定项目与方法

从每个小区中随机挑选 10 个主穗, 量取自然株高后剪下主穗, 带回室内进行考种。考种指标有穗长(A1)、小穗数(A2)、穗粒数(A3)、单株穗粒重(A4)和千粒重(A5), 10 个主穗各指标的平均值作为该指标值。

收割每个小区内所有单株, 田间晾晒后进行脱粒, 待种子的水分含量降到 15% 以下时称重。

1.5 数据处理及分析

采用 Microsoft Excel 进行数据整理和作图, 利用 SPASS 19.0 软件对各项测定指标(种子产量、小穗长、小穗数、穗粒数、穗粒重及千粒重)分别进行方差分析, 如果存在显著差异进行多重比较; 此外对各指标进行相关性分析、通径分析和逐步回归分析, 对种子产量和产量构成因素之间的关联性进行比较, 并建立回归方程。

2 结果与分析

参试小黑麦品系的种子产量、穗长、小穗数、穗粒数、穗粒重和千粒重差异显著($P < 0.05$) (表 2), 需要进行多重比较。

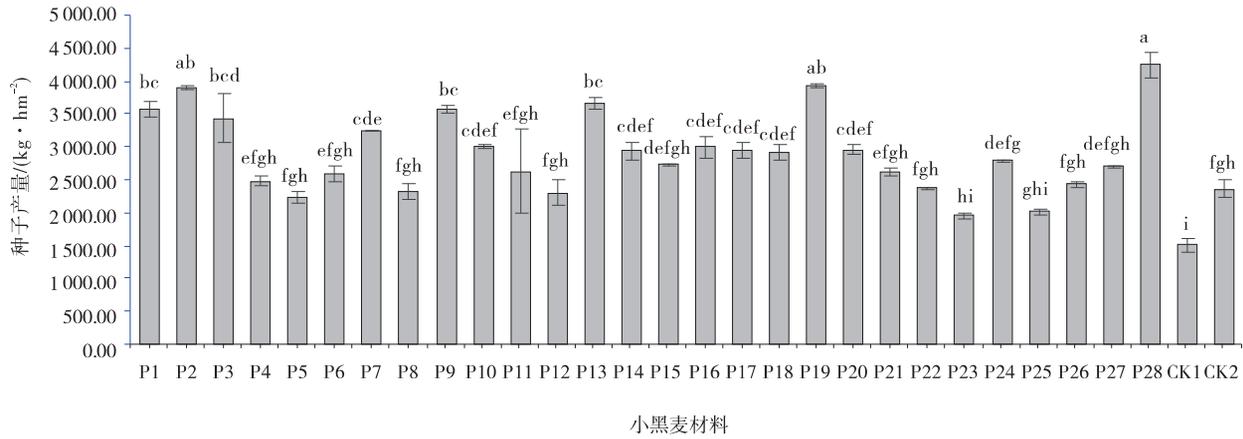


图1 参试小黑麦品系种子产量

Fig. 1 Seed yield of triticale strain

2.2 种子产量构成因素

2.2.1 穗长 30份小黑麦品系中穗长最长的是P4,为11.6 cm,显著高于P19、P22、P26和CK1($P < 0.05$),而与其他处理间无显著差异;其次为P3(11.2 cm),穗长显著高于P26和CK1。所有品系中穗长最短的是P26(8.1 cm),其穗长与CK1、P1、P2、P5、P19、P16和P22无显著差异,但显著低于其他处理($P < 0.05$);其次为CK1(8.9 cm),显著低于P3和P4。剩余26份品系的穗长主要集中在9.0~11.0 cm(表3)。

2.2.2 小穗数 P4(27.5个)是参试品系中小穗数最大的,其次为P28(27.1个),2个材料的小穗数显著高于P22、P24和P26($P < 0.05$),其中P4显著高于CK1而P28与CK1无显著差异;P22、P24、P26是所有品系中小穗数较少的,小穗数依次为21.9个、21.4个和21.5个。剩余的24份品系的小穗数差异不显著,主要集中在23~27个。CK1与CK2小穗数分别为22和25.2个(表3)。

2.2.3 穗粒数 P7(60.8个)的穗粒数最多,是CK1的1.3倍、CK2的1.5倍,显著高于P6、P22、P26和CK2,与其他处理间表现出差异不显著;穗粒数较多的是P4、P10和P25,显著高于P22、P26和CK2。P6、P22、P26和CK2的穗粒数较少,且低于45个,其中CK1与CK2的穗粒数分别为47.6个与41.7个(表3)。

2.2.4 穗粒重 参试材料中穗粒重最大的是P24(3.25 g),其次为P7(3.22 g),两者穗粒重显著高于P1、P6、P11、P21、P22、P26、P27和CK1,而与其他处理间无显著差异;穗粒重最轻的是P26(2.03 g),其次是P22(2.02 g),两者显著低于P2、P4、P7、P8、P10、

P13、P18、P20、P23、P24及P28,其中P26显著低于P3,而P22与P3无显著差异。其余材料的穗粒重主要集中在2.10~3.20 g(表3)。

2.2.5 千粒重 30份小黑麦品系中P17的千粒重最高,为55.54 g,除与P23差异不显著外,均显著高于其它处理($P < 0.05$);CK1(37.77g)的千粒重最低,显著低于其他参试小黑麦品系,重量是P17的2/3;其余品系千粒重为43.0~55.0 g。

2.3 相关性分析

根据相关性分析(表4)可知,小黑麦的种子产量(Y)与穗粒重(A4)显著正相关($P < 0.05$),与其他产量构成因子间无显著相关关系。其相关系数大小排序为:穗粒重(A4) > 小穗数(A2) > 穗粒数(A3) > 穗长(A1) > 千粒重(A5)。小黑麦种子产量构成因素之间也存在相关性,穗长(A1)与小穗数(A2)、穗粒重(A3)、穗粒数(A4)、千粒重(A5)呈极显著正相关($P < 0.01$)。小穗数(A2)和穗粒数(A3)呈极显著正相关($P < 0.01$)。穗粒数(A3)与穗粒重(A4)呈极显著正相关($P < 0.01$)。穗粒重(A4)和千粒重(A5)呈极显著正相关($P < 0.01$)(表4)。

2.4 通径分析

通径分析把相关系数分解为直接作用和间接作用,即直接通径系数和间接通径系数^[14],以进一步理清各因素对产量的直接和间接作用。某一因素的直接通径系数为标准系数;某一因素通过另一因素间接影响产量的间接通径系数等于直接通径系数乘以某一因素对另一因素的相关系数^[15]。试验以种子产量构成因素为自变量,种子产量为因变量进行通径分析,分析结果见表5。

表 3 30 份小黑麦种子产量的构成因素
Table 3 Components of 30 triticale seed yields

品系	穗长/cm	小穗数/个	穗粒数/个	穗粒重/g	千粒重/g
CK1	8.9±0.2 ^{cd}	22.0±0.8 ^{bc}	47.6±0.7 ^{abcd}	2.12±0.13 ^{efg}	37.77±0.59 ^p
CK2	10.8±0.4 ^{abc}	25.2±0.9 ^{abc}	41.7±1.1 ^{bcd}	2.54±0.08 ^{abcdefg}	49.25±0.32 ^{ghi}
P1	9.7±0.2 ^{abcd}	24.3±0.8 ^{abc}	47.1±1.3 ^{abcd}	2.46±0.04 ^{bcdefg}	49.18±0.29 ^{ghi}
P2	9.8±0.4 ^{abcd}	23.9±1.1 ^{abc}	57.7±0.1 ^{abc}	2.88±0.01 ^{abcd}	46.84±0.60 ^{klmn}
P3	11.2±0.5 ^{ab}	26.3±0.8 ^{abc}	54.1±0.1 ^{abc}	2.77±0.03 ^{abcdef}	49.59±0.10 ^{gh}
P4	11.6±0.4 ^a	27.5±0.9 ^a	59.7±1.7 ^{ab}	2.83±0.07 ^{abcde}	52.20±0.18 ^{cde}
P5	9.5±0.3 ^{abcd}	23.0±0.9 ^{abc}	48.5±0.8 ^{abcd}	2.62±0.14 ^{abcdefg}	52.87±0.58 ^{cd}
P6	10.5±0.4 ^{abc}	23.7±1.1 ^{abc}	43.8±3.8 ^{bcd}	2.23±0.19 ^{cdefg}	48.46±0.22 ^{hijk}
P7	10.8±0.4 ^{abc}	23.7±1.0 ^{abc}	60.8±1.5 ^a	3.22±0.12 ^a	53.21±0.03 ^c
P8	10.6±0.3 ^{abc}	24.5±0.7 ^{abc}	54.3±0.9 ^{abc}	2.91±0.04 ^{abc}	52.20±0.27 ^{cde}
P9	10.3±0.3 ^{abc}	26.1±1.1 ^{abc}	49.0±2.6 ^{abcd}	2.64±0.02 ^{abcdefg}	47.63±1.00 ^{ijkl}
P10	10.6±0.5 ^{abc}	25.1±1.0 ^{abc}	58.3±2.2 ^{ab}	3.14±0.11 ^{ab}	52.88±0.43 ^{cd}
P11	10.2±0.3 ^{abc}	23.9±1.0 ^{abc}	48.5±1.1 ^{abcd}	2.42±0.01 ^{bcdefg}	47.25±0.28 ^{klmn}
P12	10.7±0.5 ^{abc}	25.6±0.8 ^{abc}	57.1±3.7 ^{abc}	2.68±0.01 ^{abcdefg}	48.81±0.01 ^{ghij}
P13	10.7±0.53 ^{abc}	24.0±1.2 ^{abc}	45.2±0.7 ^{abcd}	2.95±0.33 ^{abc}	46.81±0.33 ^{klmn}
P14	10.1±0.2 ^{abc}	23.5±0.7 ^{abc}	49.1±3.0 ^{abcd}	2.54±0.26 ^{abcdefg}	51.06±1.22 ^{def}
P15	10.7±0.5 ^{abc}	25.4±1.0 ^{abc}	54.5±2.1 ^{abc}	2.64±0.15 ^{abcdefg}	46.11±0.51 ^{lmn}
P16	9.8±0.4 ^{abcd}	25.3±1.2 ^{abc}	55.0±5.9 ^{abc}	2.66±0.09 ^{abcdefg}	50.49±0.39 ^{efg}
P17	10.1±0.3 ^{abc}	23.9±0.8 ^{abc}	45.5±1.1 ^{abcd}	2.67±0.01 ^{abcdefg}	55.54±0.19 ^a
P18	10.5±0.5 ^{abc}	23.8±0.9 ^{abc}	56.3±4.0 ^{abc}	2.97±0.18 ^{abc}	52.41±0.22 ^{cd}
P19	9.3±0.4 ^{bcd}	23.4±1.0 ^{abc}	51.2±6.3 ^{abcd}	2.63±0.15 ^{abcdefg}	45.30±0.13 ⁿ
P20	10.2±0.4 ^{abc}	25.7±0.8 ^{abc}	56.4±6.8 ^{abc}	2.85±0.32 ^{abcde}	45.40±0.05 ^{mn}
P21	10.6±0.7 ^{abc}	24.3±1.0 ^{abc}	46.1±2.0 ^{abcd}	2.34±0.26 ^{cdefg}	53.74±0.09 ^{bc}
P22	9.1±0.4 ^{bcd}	21.9±1.0 ^c	42.0±1.2 ^{bcd}	2.05±0.01 ^{fg}	43.05±0.22 ^o
P23	10.4±0.3 ^{abc}	25.1±0.8 ^{abc}	54.5±2.7 ^{abc}	2.97±0.06 ^{abc}	54.92±0.44 ^{ab}
P24	10.5±0.7 ^{abc}	21.4±1.2 ^c	53.1±0.9 ^{abc}	3.25±0.12 ^a	52.91±0.07 ^{cd}
P25	11±0.28 ^{abc}	26.5±0.9 ^{abc}	59.5±2.8 ^{ab}	2.58±0.01 ^{abcdefg}	46.78±0.64 ^{klmn}
P26	8.1±0.32 ^d	21.5±0.8 ^c	36.7±2.5 ^d	2.03±0.04 ^g	45.85±0.44 ^{lmn}
P27	10.9±0.6 ^{abc}	25.0±1.1 ^{abc}	49.0±5.4 ^{abcd}	2.16±0.11 ^{defg}	50.54±0.06 ^{efg}
P28	10.8±0.4 ^{abc}	27.1±1.2 ^{ab}	54.5±2.1 ^{abc}	2.90±0.06 ^{abcd}	47.55±0.33 ^{ijkl}

表 4 小黑麦种子产量构成因素的相关性分析
Table 4 The correlation among yield components of triticale

因素	A1	A2	A3	A4	A5	Y
A1	1.000					
A2	0.715 ^{**}	1.000				
A3	0.553 ^{**}	0.534 ^{**}	1.000			
A4	0.529 ^{**}	0.292	0.713 ^{**}	1.000		
A5	0.484 ^{**}	0.187	0.253	0.508 ^{**}	1.000	
Y	0.112	0.215	0.147	0.367 [*]	0.036	1.000

注:**表示极显著相关,*表示显著相关

5 个构成因素中,穗粒重对种子产量的直接作用最大,通径系数为 0.848;穗粒数对种子产量的直接作用最小,种子产量直接作用大小为:穗粒重(A4) > 小穗数(A2) > 千粒重(A5) > 穗长(A1) > 穗粒数

(A5)。在间接效应分析中,穗粒数(A3)通过穗粒重(A4)对种子产量(Y)的间接作用最大,而穗粒重(A4)通过穗粒数(A3)对种子产量(Y)的间接作用最小(表 5)。

表5 小黑麦种子产量与构成因素的通径分析

Table 5 Path analysis of triticale seed yield and its components

因素	直接作用	间接作用				
		A1-Y	A2-Y	A3-Y	A4-Y	A5-Y
A1	-0.319		0.356	-0.273	0.449	-0.101
A2	0.498	-0.228		-0.264	0.248	-0.039
A3	-0.494	-0.176	0.266		0.605	-0.053
A4	0.848	-0.169	0.145	-0.352		-0.106
A5	-0.209	-0.154	0.093	-0.125	0.431	

2.5 逐步回归分析

为了了解和预测产量构成因素对种子产量的贡献大小,对其进行逐步回归分析。以实际种子产量(Y)为因变量,穗长(A1)、小穗数(A2)、穗粒数(A3)、穗粒重(A4)、千粒重(A5)为自变量,创建预测种子产量的模型。试验通过SPSS进行逐步回归分析(表6),将自变量引入模型得到逐步回归方程: $Y=965.673+707.6A4$ 。对逐步回归方程进行显著性检验,结果显示达到显著水平($P<0.05$),表明穗粒重与种子产量存在真实密切关系。从逐步回归方程可以看出,穗粒重和种子产量呈线性关系,因此穗粒重是影响种子产量的最重要因素。

表6 小黑麦产量构成因素逐步回归分析

Table 6 Stepwise regression analysis of yield components of triticale

变量	回归系数	标准误	P值
常量	965.673	907.448	0.000
A4	707.600	339.272	0.046

3 讨论

饲用型小黑麦要求种子产量高,以提高繁殖率。王旭等^[16]研究发现,5个小黑麦品系的种子产量最低为3978 kg/hm²,最高是7368 kg/hm²。孙迷平等^[17]发现,小黑麦品系在河南济源地区有较好的适应性,种子产量最高可达5741.45 kg/hm²,最低不少于2919.56 kg/hm²。本研究结果表明,参试小黑麦品系的种子产量为1506.25~4247.08 kg/hm²,低于其他小黑麦品系,说明本研究参试材料的种子产量较低,原因在于试验地小黑麦秋季播种,土地松散未能及时镇压,使部分种子因土壤太疏松次年未能返青,导致越冬率低、基本苗少;其次试验地的平均气温比往年低,且降水量少,导致植株全生育期干旱,不能很好地

产生种子。

小黑麦的种子产量受其遗传基因、自身营养和环境等多种因素的影响,这些因素对种子产量产生综合影响^[18]。本试验中,穗长最长的是P4,为11.6 cm,小穗数及穗粒数也较大,穗粒重和千粒重中等,但其种子产量较低,说明P4穗部较大且穗部性状较好,但分蘖数与出苗率可能较小。P19穗长较短,其小穗数和千粒重较小、穗粒重中等,但种子产量却达到较高水平,说明种子的饱满度较好,穗部性状整齐且较为紧凑,籽粒饱满。P4与P28的小穗数最多,但P28的种子产量却高于P4,说明P28的穗部性状较好,植株的分蘖性或出苗率也较好,获得较高种子产量。

种子产量构成因素与种子产量呈一定的系数关系,种子产量是由种子产量构成因素决定^[19]。关于小黑麦种子产量与产量构成因素的相关性,国内外学者已做了大量研究。王旭等^[16]指出,种子产量与穗粒重呈极显著正相关,而与千粒重和小穗数呈负相关关系。李冬梅等^[4]认为,3个试验点中种子产量与穗长、穗粒数、穗粒重正相关,而与一个点的小穗数呈负相关。赵丹等^[20]研究发现,小黑麦种子产量与穗粒重、小穗数及穗粒数均呈正相关关系。相关性分析有助于分析30份小黑麦品系种子产量和种子产量构成因素之间的关联,及各构成因素之间的相关系数和各系数差异的显著性。本试验中,种子产量与小穗数、穗粒数正相关,这与赵丹^[20]的研究结果一致,但种子产量与穗粒重正相关,与本研究结果不符,这可能与籽粒的大小以及饱满度有关,也与有效分枝数的多少有关^[21]。本试验研究发现,参试小黑麦品系的穗长与穗粒数极显著正相关,穗粒数与穗粒重也极显著正相关,这与赵方媛等^[13]的研究结果一致。

通径分析能确切描述种子产量构成因素对种子产量的直接或间接影响,通径系数也可用来比较各产

量构成因素对种子产量的重要性。通过通径分析可知,穗粒重对种子产量的直接作用最大,这与其相关性一致;穗粒数对种子产量的间接作用最大,但与种子产量的相关性略小,这说明提高小穗数可间接提高种子产量。通径分析中穗长、穗粒数和千粒重的直接作用为负,这主要因为种子产量形成过程是一个复杂的系统过程,作物某一性状的加强,常常伴随着一些性状的加强和一些性状的减弱^[22],因此,在小黑麦育种过程中要协调好各性状之间的平衡,注重穗粒重、小穗数同时放宽穗长、穗粒数和千粒重品系的筛选。

逐步回归分析更能明确种子产量与各因素之间的线性关系。本试验得出,种子产量与穗粒重呈显著线性关系,方程式为: $Y=965.673+707.6A4$,而其他因素对种子产量无明显线性关系。这是由于小黑麦种质基因型的差异较大,各性状差异明显,对临洮地区的适应性也不同,因而建立的回归方程主要以穗粒重为主。穗粒重既是种子品质的关键指数,也标志着种子的发育程度,穗粒重越大种子就越丰满,发育也愈充分,种子品质就相应较高^[23],所以,在培育小黑麦时,要在保证一定小穗数的基础上,合理增加大穗粒数和穗粒重,获得最佳的动态平衡,以达到高产。

甘肃在历史上是个缺粮省份,是国家定位的11个粮食产销平衡省份之一。作为甘肃主要口粮的小麦自给率仅为57.3%,主粮供需结构性矛盾突出,对外依存度高^[24]。而由于环境及气候原因,小麦及其他谷类作物的栽培效益低,所以筛选出更加适宜临洮地区种植的谷类作物尤为重要^[25],小黑麦可有效补充这方面的不足。试验发现,所有小黑麦品系的种子产量基本高于对照,说明以上品系均具有在临洮地区的推广价值。TP17-68的种子产量最高,达4 247.08 kg/hm²,其穗长、小穗数、穗粒数和穗粒重均较高,说明此品系的穗部性状较好,适于在临洮地区作为粮用小黑麦进行种植。

4 结论

小黑麦种子产量及产量构成因素间差异显著($P < 0.05$),产量构成因素对种子产量的影响是综合的。小黑麦种子产量构成因素对种子产量的相关系数大小为:穗粒重>小穗数>穗粒数>穗长>千粒重。通径分析得出,小黑麦的穗粒重对种子产量的直接效应

最大,而穗粒数通过穗粒重对种子产量的间接作用最大。根据逐步回归分析结果,建立回归方程为 $Y=965.673+707.6A4$,因此要提高小黑麦的种子产量首先要提高穗粒重。参试小黑麦材料中,TP17-68的种子产量最高,达4 247.08 kg/hm²,适于在临洮地区作为粮用小黑麦进行种植。

参考文献:

- [1] 游永亮,李源,赵海明,等. 种植密度对饲用小黑麦、饲用黑麦种子生产性能的影响[J]. 草业科学,2017,34(7):1522-1529.
- [2] 许庆方. 小黑麦的特性及应用研究进展[J]. 草原与草坪,2008,28(4):80-86.
- [3] 金涛. 西藏中部农区冬春季小黑麦饲草生产技术研究[D]. 北京:中国农业科学院,2012.
- [4] 李冬梅,田新会,杜文华. 小黑麦新品系的草产量及营养价值研究[J]. 草地学报,2016,24(6):1164-1169.
- [5] 邵丽萍,梁世博,范亚菊,等. 饲用小黑麦的品质性状[J]. 黑龙江畜牧兽医,2010(9):91-92.
- [6] 王丽华,左师宇,曹鑫波,等. 不同类型小黑麦产量形成的光合特性差异[J]. 麦类作物学报,2017,37(10):1334-1342.
- [7] 郭建文,李冬梅,田新会,等. 小黑麦杂交F1代鉴定及ISSR多态性分析[C]//中国草学会. 中国草学会第九次全国会员代表大会暨学术讨论会论文集. 北京:中国草学会,2016:10.
- [8] 郭建文,李林渊,田新会,等. 饲草型小黑麦新品系在甘肃高海拔地区的生产性能和品质研究[J]. 草原与草坪,2018,38(4):72-77.
- [9] 刘晶. 饲草型小黑麦的光合性能、氮素利用率及生产性能和适应性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学,2019.
- [10] 代寒凌,田新会,杜文华,等. 甘南地区饲用型小黑麦草产量及营养品质研究[J]. 草原与草坪,2019,39(2):66-72.
- [11] 陈丽霞,田新会,杜文华. 小黑麦新品系在甘肃省陇中冬小麦区的种子产量及产量构成因素的研究[J]. 草原与草坪,2015,35(5):70-74+83.
- [12] 赵雅姝,田新会,杜文华. 饲草型小黑麦在定西地区的最佳刈割期[J]. 草业科学,2015,32(7):1143-1149.
- [13] 赵方媛,田新会,杜文华. 饲料型小黑麦品系籽粒产量及其营养价值研究[C]//2018中国草学会年会论文集. 北京:中国草学会,2018:8.
- [14] 亓振,赵广才,常旭虹,等. 小麦产量与农艺性状的相关

- 分析和通径分析[J]. 作物杂志, 2016(3):45—50.
- [15] 任洪雷,李春霞,龚士琛,等. 利用SPSS实现玉米杂交种主要农艺性状与产量的相关和通径分析[J]. 作物杂志, 2019(3):86—90.
- [16] 王旭,褚红丽,杜文华,等. 小黑麦种质在兰州地区的种子产量及构成因素分析[J]. 草原与草坪, 2021, 41(1): 119—125.
- [17] 孙迷平,岳竞之,肖兴中,等. 饲用小黑麦在济源地区的生产性能和品质研究[J]. 安徽农业科学, 2021, 49(13): 20—22+26.
- [18] 张爱勤,朱进忠,王建国,等. 不同生长年限苜蓿种子产量与构成因素的相关性研究[J]. 中国草地学报, 2013, 35(6):19—24.
- [19] 伏兵哲,米福贵,郭顺美,等. 菊苣种子产量构成因子与产量的关联性分析[J]. 草地学报, 2010, 18(3): 405—408.
- [20] 赵丹,杜文元,赵雅姣,等. 不同小黑麦品种的种子产量及产量构成因素比较[J]. 草原与草坪, 2013, 33(6): 61—66.
- [21] 郭兴燕,田忠,梁丹妮,等. 11个燕麦品种种子产量与主要农艺性状的通径分析[J]. 草地学报, 2017, 25(1): 142—147.
- [22] 刘嘉良,邓杰,于洋,等. 黑龙江省玉米杂交种产量与主要产量性状的通径分析[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2019, 31(6):7—11.
- [23] 柴继宽,赵桂琴,师尚礼. 燕麦种子产量构成因子与产量的关联性分析[J]. 草地学报, 2012, 20(1):49—53.
- [24] 李红霞,汤瑛芳,马丽荣,等. 甘肃省主要粮食作物种植经济效益研究[J]. 生产力研究, 2021(4):58—63.
- [25] 李谋强,师桂英. 临洮县南部川区农作物种植结构调查分析[J]. 甘肃农业, 2020(12):77—80.

Study on seed yield and yield components of triticale strains in central Gansu Province

XIONG Zhi-wen, TIAN Xin-hui, DU Wen-hua*

(College of Grassland Science, Gansu Agricultural University, Key Laboratory for Grassland Ecosystem, Ministry of Education, Grassland Engineering Laboratory of Gansu Province, Sino-U. S. Centers for Grazing Land Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China)

Abstract: **[Objective]** To screen suitable triticale line to be cultivated in central area of Gansu province. **[Method]** 28 triticale lines bred by Gansu Agricultural University were used as the experimental materials. Triticale lines with high seed yield was screened by comparing seed yield and yield components (spike length, number of spikelet per spike, number of grains per spike, grain weight per spike, thousand kernel weight) of the above materials. **[Result]** Significant differences existed in seed yield and yield components of 30 triticale materials which included two controls ($P < 0.05$). Line TP17—68 exhibited the highest seed yield ($4\ 247.08\ \text{kg}/\text{hm}^2$). Among seed yield components, grain weight per spike was significantly positive correlated with seed yield ($P < 0.05$), which had the most direct effect on seed yield; number of grains per spike had the most indirect effect on seed yield through its influence on grain weight per spike. **[Conclusion]** Triticale line TP17—68 obtained the highest seed yield which was suitable to be cultivated in central Gansu to produce seed. In triticale breeding, priority should be given to grain weight and number of grains per spike to achieve high reproductive efficiency.

Key words: triticale; seed yield; yield component; path analysis; regression analysis