



陇东旱塬区饲用小黑麦品系形态特征和 草产量对干旱的响应

王 敏¹, 宋 谦², 杜文华¹

(1. 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, 兰州 730070; 2. 甘肃省平凉市农业科学院, 甘肃平凉 744000)

摘 要 为筛选出适宜在陇东地区种植的秋播小黑麦品系。以‘中饲 1048’小黑麦品种与‘石大 1 号’小黑麦品种为对照,在陇东旱塬区对 22 个小黑麦品系的株高、枝条数、茎粗、穗长、穗粗、鲜草产量、干草产量进行了 2 个年度(2020—2021 年度,2021—2022 年度)的研究,并通过灰色关联分析法进行综合评价。2020—2021 年度各指标值均显著高于 2021—2022 年度。2 个年度小黑麦材料的平均株高为 125.00~185.90 cm,平均枝条数为 $515.83 \times 10^4 \sim 663.33 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$,平均茎粗为 3.33~3.89 mm,平均穗长为 10.06~12.01 cm,平均穗粗为 6.00~8.57 mm,平均鲜、干草产量分别为 33.71~43.44 t/hm²、11.22~15.78 t/hm²。2020—2021 年度 TP17-20、TP17-45、TP17-39、TP17-51、TP17-1、TP17-27 与 TP17-34 的干草产量较高,丰产性较好;2021—2022 年度 TP17-34、TP17-15、TP17-51、TP17-20 与 TP17-48 的干草产量较高,抗旱性强。综合评价表明,品系 TP17-20、TP17-56、TP17-34、TP17-60、TP17-48、TP17-15、TP17-45、TP17-38、TP17-51 的加权关联度值较高,并高于 2 个对照品种;品系 TP17-34、TP17-51、TP17-20 既高产又稳产,且抗旱性强,适宜于陇东旱塬区种植。

关键词 小黑麦;陇东旱塬区;形态特征;生产性能

陇东旱塬区位于西北黄土高原沟壑区,温带半湿润大陆性季风气候,是典型的半湿润偏旱雨养农业区,具有发展农区畜牧业的区位优势。长期以农作物秸秆为主的饲草结构,严重制约着当地畜牧业可持续发展,开发优质高产的饲草对解决陇东旱塬区饲草资源短缺问题有重要作用^[1-2]。小黑麦(*×Triticale* Wittmack)是由小麦属(*Triticum*)和黑麦属(*Secale*)经有性杂交和杂种染色体数加倍形成的新物种^[3],因此,它结合了小麦高产的特性,又结合了黑麦抗逆性强、适应性广的优点^[4],小黑麦既可以调制青干草和青贮饲料,又能充分利用冬闲田,具有极好发展前途^[5]。

国内外对小黑麦的研究主要集中在籽粒产量与品质、草产量与营养价值、抗寒抗旱性、混播方式^[6-10]等方面。韩微波等^[11]对 10 个小黑麦品系在不同时期的饲草品质和产量变化规律进行了研究。王旭等^[12]研究了不同种质在兰州地区的种子产量以及产量构成因素(株高、有效穗数、小穗

数、穗粒数、穗粒质量、千粒质量)的差异。王智华等^[13]对 6 个小黑麦品种的生育期、抗倒性、产量和品质进行了比较,表明‘冀饲 2 号’和‘小黑麦 3241’适宜于冬闲田种植,在饲草产量、品质和抗倒性方面表现好,适宜在黄河三角洲冬闲盐碱耕地种植。赵方媛等^[14]研究了 30 个小黑麦品种在甘肃临洮县半干旱灌区的草产量与营养价值,表明‘北联 5 号’小黑麦的鲜、干草产量均最高,分别为 69.31 t/hm² 和 17.99 t/hm²,‘北联 3 号’的粗蛋白含量最高(14.21%),‘OH1411’的中性洗涤纤维及酸性洗涤纤维含量均最低,分别为 53.88%和 34.49%。虽然目前对小黑麦的研究不少,但对陇东地区种植小黑麦的研究相对较少,因此,本试验以国审‘中饲 1048’小黑麦和‘石大 1 号’小黑麦品种为对照,通过研究 22 个饲用小黑麦品系的形态特征和草产量,以筛选出适宜于陇东旱塬区种植的高产优质小黑麦品系,从而为培育小黑麦新品种奠定基础。

收稿日期:2023-02-27 修回日期:2023-04-06

基金项目:国家自然科学基金(32260339);甘肃省高等学校产业支撑计划项目(2022CYZC-49);甘肃省重点研发项目(20YF8NA129);西藏重大专项(XZ202101ZD003N)。

第一作者:王 敏,女,硕士研究生,研究方向为农艺与种业。E-mail: 15294125316@163.com

通信作者:杜文华,女,教授、博士生导师,研究方向为草种质资源及育种栽培。E-mail: duwh@gsau.edu.cn

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省平凉市泾川县高平镇三十铺村的平凉市农业科学院高平试验站(北纬 35°17'24", 东经 107°29'36", 海拔 1 320 m)进行, 地处甘肃省东部, 陕、甘、宁三省(区)交界处, 该地年均气温 10.9 °C, 无霜期 170 d。中覆盖黑垆土, 土壤有机质 6.65 g/kg, 速效氮 104 mg/kg, 速效磷 0.20 mg/kg, 速效钾 91.47 g/kg, pH 7.63。

表 1 饲用小黑麦材料及编号

Table 1 Triticale materials and numbers

编号 Number	材料 Material	编号 Number	材料 Material	编号 Number	材料 Material	编号 Number	材料 Material
CK1	中饲 1048 Zhongsi 1048	P5	TP17-22	P11	TP17-38	P17	TP17-51
CK2	石大 1 号 Shida No. 1	P6	TP17-27	P12	TP17-39	P18	TP17-56
P1	TP17-1	P7	TP17-31	P13	TP17-40	P19	TP17-60
P2	TP17-15	P8	TP17-32	P14	TP17-41	P20	TP17-66
P3	TP17-19	P9	TP17-34	P15	TP17-45	P21	TP17-67
P4	TP17-20	P10	TP17-37	P16	TP17-48	P22	TP17-68

1.3 试验设计

本试验为二因素随机区组试验设计, A 因素设为不同年度, 分别为 A1(2020—2021 年度)和 A2(2021—2022 年度), B 因素设为 22 个小黑麦品系, 编号为 P1~P22。小区面积为 15 m² (3 m×5 m), 3 次重复, 条播, 播种量为 600 万基本苗/hm², 播种深度 3~5 cm, 行距 20 cm, 试验地周围种 1 m 保护行。播种前施磷酸二铵 300 kg/hm² (含 P 138 kg/hm²) 作为底肥, 待小黑麦返青后, 追施尿素 150 kg/hm² (含 N 69 kg/hm²)。播种期分别为 2020 年 10 月 9 日和 2021 年 10 月 11 日, 刈割期分别为 2021 年 5 月 29 日和 2022 年 5 月 25 日。两个年度小黑麦生长期间的田间管理措施相同, 不灌水, 及时防除杂草。

1.4 测定指标与方法

株高: 灌浆期刈割^[15]前进行。每个小区内随机选取 10 个小黑麦植株, 测量从地面至最高点的自然高度。

枝条数: 灌浆期刈割^[15]前进行。每个小区内随机选取 1 m 样段(边行和地头两边 50 cm 部分除外), 数取样段内小黑麦的枝条数。

茎粗: 灌浆期刈割^[15]前进行。每个小区内随

前茬作物为青贮玉米。2020—2021 年度气候干旱, 小黑麦生长季的有效降水量为 59 mm; 2021—2022 年度极度干旱, 小黑麦生长季的有效降水量为 26 mm。

1.2 试验材料

试验材料(表 1)为甘肃农业大学草业学院培育的 22 个小黑麦品系, 对照品种为国家小黑麦区域试验规定的对照: ‘石大 1 号’小黑麦(新疆石河子大学培育), ‘中饲 1048’小黑麦(中国农业科学院作物研究所)。

机选取 10 个小黑麦植株, 用游标卡尺测量基部第 2 节间中部茎秆的直径。

穗长和穗粗: 灌浆期刈割前进行。每个小区内随机选取 10 个小黑麦植株, 选取主穗, 测量从穗基部到顶部(除芒)的长度, 然后用游标卡尺测量穗中部的直径。

鲜草产量: 灌浆期进行, 将每个小区内的所有小黑麦单株齐地面刈割后称量, 得到鲜草产量。

干草产量: 灌浆期进行, 随机在每个小区内抽取 500 g 草样, 及时带回实验室, 在 105 °C 杀青 30 min, 70 °C 烘 6~7 h, 至恒质量, 计算 500 g 草样的鲜干比, 并折算出每个小区的干草产量。

1.5 数据分析

用 Microsoft Excel 2016 进行数据整理和作图。用 SPSS 19.0 软件进行方差分析, 如果存在显著差异后进行多重比较。试验结果以“平均数±标准误”表示。

2 结果与分析

F 测验(表 2)表明, 不同年度间除茎粗存在显著差异外($P < 0.05$), 其余指标均存在极显著差异($P < 0.01$); 不同材料间和年度×材料交互作用间的各指标均存在极显著差异($P < 0.01$)。

表 2 年度间、材料间和年度×材料交互作用间的方差分析

Table 2 Analysis of variance for years effect, material effect and year×material interaction effect

变异来源 Variation	F 值 F value						
	株高 Plant height	枝条数 Branch number	茎粗 Stem diameter	穗长 Ear length	穗粗 Ear diameter	鲜草产量 Fresh yield	干草产量 Hay yield
年度间 Year	1 497.14**	240.70**	16.20*	483.03**	858.33**	1 032.20**	407.46**
材料间 Material	171.58**	7.15**	16.39**	45.16**	59.58**	9.57**	6.12**
年度×材料 Year×Material	142.91**	13.02**	10.87**	72.75**	152.64**	83.28**	20.50**

注：* 表示差异达显著水平($P < 0.05$), ** 表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。

Note: * indicates a significant difference ($P < 0.05$), ** indicates a extremely significant difference ($P < 0.01$).

2.1 年度间小黑麦材料形态特征和生产性能的差异

不同年度间的平均株高、平均枝条数、平均穗长与平均穗粗均存在极显著差异($P < 0.01$), 平均茎粗存在显著差异($P < 0.05$)(表 2)。从表 3 看出, A1 年度 24 份小黑麦材料的平均株高、平均枝条数、平均茎粗、平均穗长与平均穗粗均显著高于 A2 年度($P < 0.05$)。A1 年度的平均株高、平

均枝条数、平均茎粗、平均穗长与平均穗粗分别比 A2 年度高 13.60%、22.63%、1.70%、15.43%、53.37%。

不同年度间的鲜草产量、干草产量均存在极显著差异($P < 0.01$)(表 2)。由表 3 可知, A1 年度的平均鲜草产量、平均干草产量显著高于 A2 年度($P < 0.05$), A1 年度的平均鲜草产量、平均干草产量分别比 A2 年度高 60.05%、37.63%。

表 3 年度间小黑麦形态特征及草产量的差异

Table 3 Differences in morphological characteristics and forage yield of triticale between years

年度 Year	株高/cm Plant height	茎粗/mm Stem diameter	穗长/cm Ear length	穗粗/mm Ear diameter	枝条数 ($\times 10^4$)/ hm^{-2} Branch number	鲜草产量/ (t/hm^2) Fresh yield	干草产量/ (t/hm^2) Hay yield
A1	145.76±0.10 a	3.60±0.01 a	11.97±0.01 a	8.65±0.00 a	642.57±5.27 a	47.12±0.06 a	15.91±0.16 a
A2	128.30±0.44 b	3.54±0.01 b	10.37±0.07 b	5.64±0.10 b	524.00±5.52 b	29.44±0.55 b	11.56±0.15 b

注: A1. 2020—2021 年度, A2. 2021—2022 年度; 同列不同小写字母表示不同处理间有显著差异($P < 0.05$), 下同。

Note: A1. Year 2020—2021, A2. Year 2021—2022; Different lowercase letters within the same column indicate significant differences between treatments ($P < 0.05$), the same below.

2.2 小黑麦材料间形态特征和生产性能的差异

不同小黑麦材料间的平均株高、平均枝条数、平均茎粗、平均穗长与平均穗粗均存在极显著差异($P < 0.01$)(表 2)。

由表 4 可知, 参试小黑麦材料间, CK1 的平均株高最高, 且与其他 23 个材料存在显著差异($P < 0.05$), 其次为 CK2, P1 的平均株高最低, CK1 和 CK2 的平均株高分别比 P1 高 48.74% 和 42.18%。P17 的平均枝条数最多, 其次为 P1、P11 和 P2, P17、P1、P11 和 P2 的平均枝条数差异不显著($P > 0.05$), P17、P1、P11 和 P2 的平均枝条数较 CK1 多 27.36%、27.20%、25.92% 和 24.48%, 较 CK2 多 13.88%、13.73%、12.59% 和 11.30%。P22 的平均穗长最大, 其次为 P19, P22 和 P19 的平均穗长显著大于除 P8、P4 外的其他材料($P < 0.05$), P17 的平均穗长最短, P22 的平均穗长较 P17 高 19.38%。P18 的平均穗粗

最大, 且显著大于其他 23 个材料($P < 0.05$), CK1 的平均穗粗最小, P18 的平均穗粗较 CK1 高 42.83%。P11 的平均茎粗最大, 其次为 P9 和 P8, P11 的平均茎粗显著高于除 P9、P8 外的其他材料($P < 0.05$), CK1 的平均茎粗最小。

参试材料间的平均鲜草产量与平均干草产量均存在极显著差异($P < 0.01$)(表 2)。由表 4 可知, 所有参试材料中, P4 的平均鲜草产量最高, 其次为 P12, P4 的平均鲜草产量显著高于除 P12 之外的 22 个材料($P < 0.05$), CK1 的平均鲜草产量最低, P4 和 P12 的平均鲜草产量分别比 CK1 高 28.86% 和 24.30%。P4 的平均干草产量最高, 其次为 P9 和 P17, P22 的平均干草产量最低。

2.3 年度×材料交互效应间小黑麦材料形态特征和生产性能的差异

由图 1 可知, A1 年度 CK1、CK2 的株高最高, 分别为 188.77 cm、177.20 cm, 显著高于其他

表 4 小黑麦材料间形态特征与生产性能的差异

Table 4 Differences in morphological characteristics and productivity among triticale materials

材料 Material	株高/cm Plant height	枝条数 ($\times 10^4$)/ hm^{-2} Branch number	茎粗/mm Stem diameter	穗长/cm Ear length	穗粗/mm Ear diameter	鲜草产量/ (t/hm^2) Fresh yield	干草产量/ (t/hm^2) Hay yield
P1	125.00±1.65 l	662.50±41.10 a	3.55±0.02 efgh	10.27±0.09 lm	7.24±0.07 hi	34.75±0.92 gh	13.81±0.22 bcdefg
P2	137.93±0.34 cd	648.33±38.25 a	3.50±0.03 gh	10.82±0.06 jk	7.61±0.03 cdef	39.62±0.72 cd	14.23±0.26 bcde
P3	135.00±1.22 defg	533.33±5.83 ef	3.62±0.03 cdef	11.64±0.01 cde	6.29±0.12 jklm	38.9±0.72 cde	12.83±0.43 fg
P4	134.25±0.73 efgh	557.50±9.46 ef	3.65±0.01 cde	11.82±0.08 abc	7.27±0.18 ghi	43.44±0.10 a	15.78±0.44 a
P5	136.80±0.89 def	583.33±21.28 cde	3.59±0.08 defg	11.15±0.06 gh	7.87±0.19 bcd	34.86±0.48 gh	12.84±0.23 fg
P6	129.67±0.81 ij	591.67±3.63 bcde	3.65±0.02 cde	11.43±0.04 def	6.14±0.04 lm	38.85±0.53 cde	13.8±0.20 bcdefg
P7	135.68±0.35 def	555.83±4.64 ef	3.72±0.03 bc	11.04±0.12 hijk	6.44±0.06 jkl	37.99±1.10 def	14.02±0.19 bcdef
P8	135.80±0.78 def	556.67±4.64 ef	3.79±0.04 ab	11.92±0.06 ab	6.56±0.11 j	39.02±0.96 cde	13.78±0.09 bcdefg
P9	132.10±0.77 ghi	541.67±14.46 ef	3.81±0.03 ab	11.12±0.06 ghi	7.91±0.04 bc	39.07±0.54 cde	15.09±0.26 ab
P10	135.92±1.00 def	585.83±18.39 cde	3.54±0.03 fgh	11.47±0.11 def	6.44±0.02 jkl	35.25±0.75 gh	13.55±1.27 cdefg
P11	125.93±0.54 kl	655.83±26.19 a	3.89±0.01 a	11.28±0.08 fgh	6.18±0.07 klm	38.54±0.75 cde	12.65±0.29 g
P12	134.35±0.93 defgh	588.33±13.64 cde	3.45±0.02 hi	10.22±0.10 lm	7.71±0.03 cde	41.90±0.91 ab	14.65±0.42 abc
P13	137.80±0.82 cde	534.17±10.64 ef	3.48±0.02 h	10.85±0.03 ijk	7.48±0.13 efgh	38.24±1.38 def	12.73±0.34 fg
P14	129.07±0.72 ijk	563.33±3.63 def	3.50±0.01 gh	10.34±0.11 l	6.47±0.01 jk	39.17±0.87 cde	13.03±0.08 efg
P15	133.65±0.20 fgh	574.17±10.83 cdef	3.68±0.02 cd	11.67±0.10 bcd	7.31±0.09 fghi	38.60±0.83 cde	14.53±0.17 bcd
P16	129.52±1.03 ij	630.83±18.56 abc	3.55±0.03 efgh	10.80±0.04 k	8.05±0.08 b	39.54±0.43 cd	14.33±0.41 bcde
P17	127.82±0.80 jkl	663.33±26.82 a	3.49±0.02 gh	10.06±0.12 m	7.24±0.02 hi	39.76±0.65 bcd	14.88±0.50 ab
P18	131.70±0.71 ghi	616.67±7.12 abcd	3.53±0.05 fgh	11.37±0.08 efg	8.57±0.09 a	38.47±0.45 cde	13.29±0.43 defg
P19	136.02±0.22 def	515.83±9.61 f	3.63±0.04 cdef	11.98±0.06 a	7.57±0.08 defg	40.81±0.64 bc	14.33±0.19 bcde
P20	129.62±0.68 ij	644.17±13.10 ab	3.44±0.06 hi	11.08±0.17 hij	8.15±0.11 b	36.92±0.30 efg	13.36±0.30 cdefg
P21	131.28±1.07 hij	542.50±2.50 ef	3.49±0.02 gh	10.44±0.04 l	7.89±0.12 bc	36.88±0.39 efg	13.38±0.16 cdefg
P22	140.23±0.40 c	550.83±17.81 ef	3.51±0.04 gh	12.01±0.12 a	7.12±0.11 i	36.00±0.33 fgh	11.22±0.11 h
CK1	185.92±3.40 a	520.83±8.82 f	3.33±0.03 j	11.62±0.12 cde	6.00±0.09 m	33.71±0.73 h	13.22±0.41 defg
CK2	177.73±1.54 b	582.50±6.29 cde	3.37±0.03 ij	11.67±0.06 bcd	6.03±0.15 m	38.39±0.77 cde	14.25±0.06 bcde

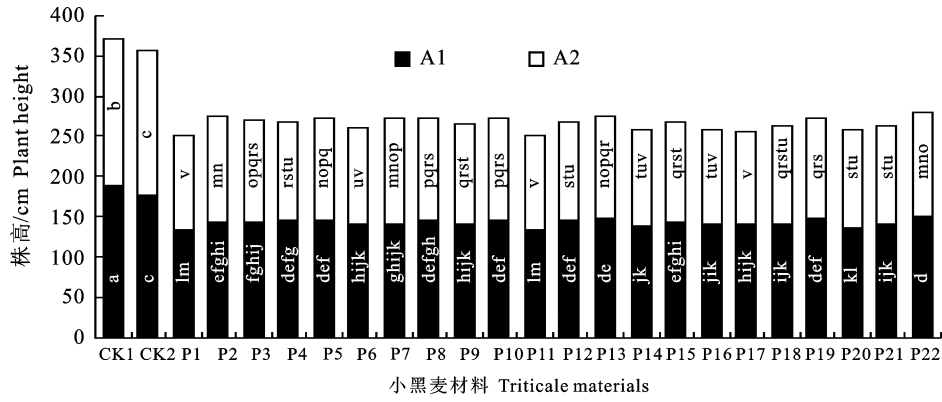
材料($P < 0.05$), 其次为 P22、P13、P19、P12、P5, 显著高于除 CK1、CK2、P10、P4、P8、P15、P2、P3 外的其他材料($P < 0.05$); A2 年度 CK1、CK2 的株高也最高, 分别为 183.07 cm、178.27 cm, 其次为 P2、P22、P7、P5、P13, 显著高于 P21、P12、P20、P14、P16、P6、P11、P1、P17 ($P < 0.05$), 说明 CK1、CK2、P22、P13、P5 的株高在 A1 与 A2 年度间均较高。

A1 年度 P2 的枝条数最多 ($805 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$), 其次为 P1、P20、P18、P12、P17、P6、P22、P9、P11、P16, 显著高于其他材料 ($P < 0.05$) (图 2); A2 年度 P11 ($630 \times 10^4 \text{ hm}^{-2}$) 的枝条数最多, P17、P16、P1、P15、CK2、P20 次之, 显著高于除 P13、P10、P5 之外的材料 ($P < 0.05$); 说明 P1、P20、P17、P11、P10、P16 的枝条数在 A1 与 A2 年度间均较高且较为稳定。

A1 年度 P11、P9、P8 的茎秆最粗, 分别为 4.01 mm、3.95 mm、3.93 mm, 显著高于其他材

料 ($P < 0.05$); A2 年度 P11 的茎粗 (3.77 mm) 显著高于除 P15、P9、P8、P7 外的其他材料 ($P < 0.05$); P11、P9、P8、P7、P15 在两个年度的茎秆均较粗且变化较小 (图 3)。

由图 4 可知, A1 年度 P19、P22、P8 的穗长显著高于除 P4 与 P15 之外的其他材料 ($P < 0.05$), 分别为 13.04 cm、13.01 cm、12.96 cm, 均大于 CK1 与 CK2; A2 年度 P22、P19、P8、P4 的穗长较大, 分别为 11.02 cm、10.92 cm、10.88 cm, 均大于 CK1 与 CK2; P22、P19、P8、P4 的穗长在 A1 与 A2 年度间均较长。A1 年度 P20 (9.97 mm) 和 P18 (9.94 mm) 的穗粗最大, 其次为 P21、P16、P9、P5、P12, 显著大于除 P2、P19、P13 外的其他材料 ($P < 0.05$); A2 年度 P18 穗粗最大 (7.21 mm), 显著大于其他材料 ($P < 0.05$); P20、P18、P21、P16、P9、P5 的穗粗在 A1 与 A2 两个年度均较大 (图 5)。



A1. 2020—2021 年度, A2. 2021—2022 年度; 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$). 下同

A1. 2020—2021, A2. 2021—2022; Different lowercase letters indicate significant differences ($P < 0.05$). The same below

图 1 年度×材料交互效应间小黑麦材料株高的差异

Fig. 1 Differences in plant height of triticale materials for the interaction of years and materials

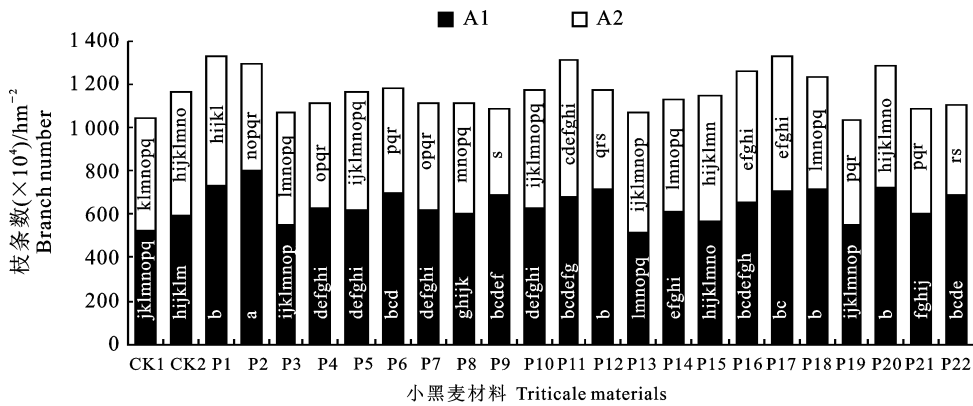


图 2 年度×材料交互效应间小黑麦材料枝条数的差异

Fig. 2 Differences in branch number of triticale materials for interaction of years and materials

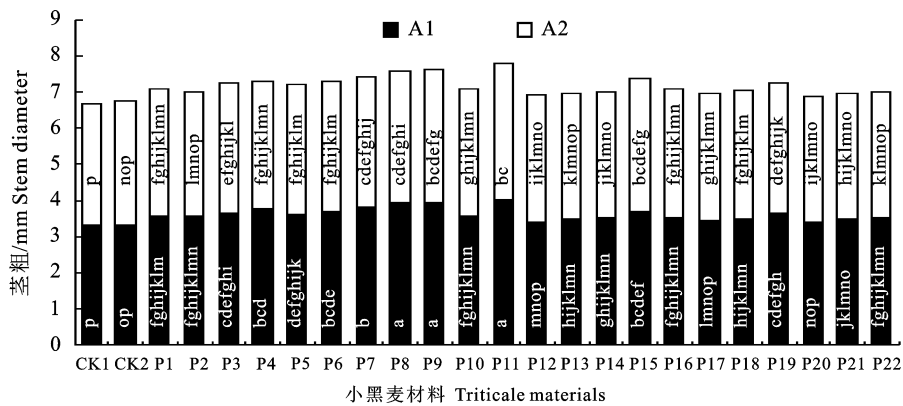


图 3 年度×材料交互效应间小黑麦材料茎粗的差异

Fig. 3 Differences in steam diameter of triticale materials for interaction of years and materials

由图 6 可知, A1 年度 P12 与 P4 的鲜草产量最高, 分别为 55.49 t/hm²、54.55 t/hm², 其次为 P19、P14、P6、P15、P17, 前述材料的鲜草产量显著高于除 P13、P11、P2、P3 外的其他材料 ($P < 0.05$); A2 年度 CK2 与 P9 的鲜草产量 (32.59 t/hm², 32.38 t/hm²) 最高, P4、P16、P7、P2、P21

次之, 他们的鲜草产量显著高于 P5、P22、P1 ($P < 0.05$); 2 个年度间 P4、P19、P2、P17 的鲜草产量均较高。从干草产量看, A1 年度 P4 的干草产量最高 (18.96 t/hm²), 显著高于除 P15、P12 外的其他材料 ($P < 0.05$); A2 年度 P9、P2 干草产量最高, 分别为 13.42 t/hm²、13.06 t/hm² (图 7)。

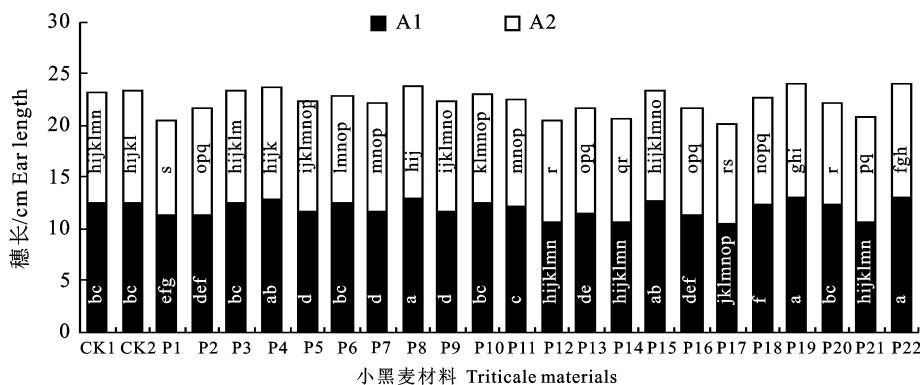


图 4 年度×材料交互效应间小黑麦材料穗长的差异

Fig. 4 Differences in ear length of triticale materials for interaction of years and materials

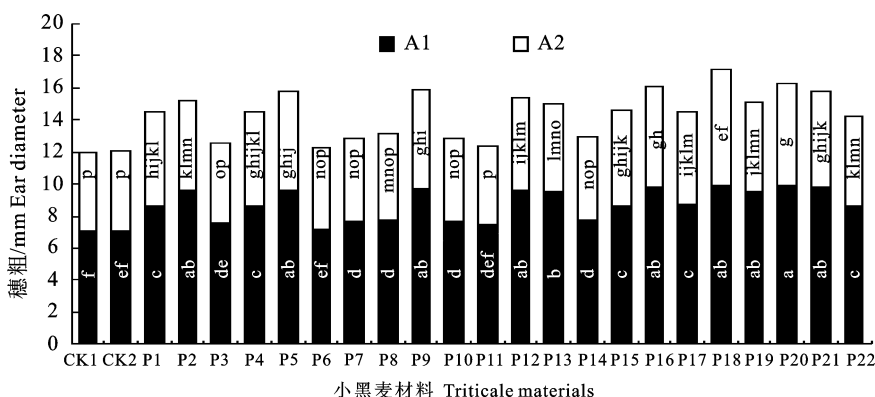


图 5 年度×材料交互效应间小黑麦材料穗粗的差异

Fig. 5 Differences in ear diameter of triticale materials for interaction of years and materials

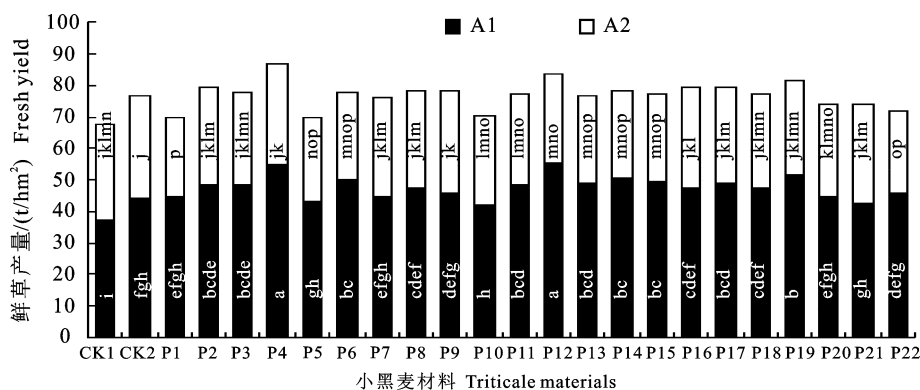


图 6 年度×材料交互效应间小黑麦材料鲜草产量的差异

Fig. 6 Differences in fresh yield of triticale materials for interaction of years and materials

2.4 不同小黑麦材料主要性状间的相关性分析

2020—2021 和 2021—2022 年度草产量及构成因素平均值的相关分析(表 5)表明,小黑麦材料的株高、枝条数、茎粗、穗长和穗粗与干草产量无显著相关性,鲜草产量与干草产量极显著正相关($P < 0.01$)。因此,小黑麦材料草产量高低是

产量构成因素共同作用的结果。

2.5 不同小黑麦材料形态特征与草产量的灰色关联度分析

以参试小黑麦材料各指标的最优值作为“标准小黑麦”(X₀) (表 6),即选择株高、枝条数、茎粗、穗长、穗粗、鲜、干草产量的最大值;采用初值

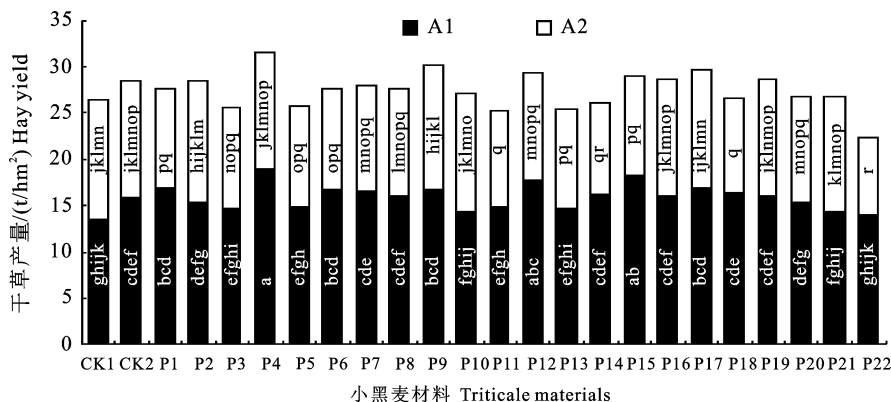


图 7 年度×材料交互效应间小黑麦材料干草产量的差异

Fig. 7 Differences in hay yield of triticale materials for interaction of years and materials

表 5 不同小黑麦材料主要性状间的相关关系

Table 5 Correlations between main traits of different triticale materials

指标 Index	株高 Plant height	枝条数 Branch number	茎粗 Steam diameter	穗长 Ear length	穗粗 Ear diameter	鲜草产量 Fresh yield	干草产量 Hay yield
株高 Plant height	1						
枝条数 Branch number	-0.431*	1					
茎粗 Steam diameter	-0.526*	0.212	1				
穗长 Ear length	0.356	-0.339	0.261	1			
穗粗 Ear diameter	-0.430*	0.206	-0.116	-0.359	1		
鲜草产量 Fresh yield	-0.403	0.505*	0.262	0.159	-0.227	1	
干草产量 Hay yield	-0.059	0.341	0.130	0.165	-0.205	0.647**	1

注：* 表示在 0.05 水平上显著相关，** 表示在 0.01 水平上显著相关。

Note: * indicates significant correlation at the level of 0.05, ** indicates significant correlation at the level of 0.01.

法对各指标的原始数据进行无量纲处理,最后计算出各性状的权重值(表 7),其所占权重排序为穗长>茎粗>枝条数>鲜草产量>干草产量>穗粗>株高;最后计算各品系的加权关联度值(表 8)。灰色系统中,加权关联度值的大小表示参试

品种与理想参考品种之间的差异,关联度越大,表示参试品种越接近理想参考品种。24 个参试小黑麦材料的关联度为 0.658 3~0.819 9,P4 的关联度值最大,其次为 P18、P9、P19、P16、P2、P15、P11、P17 等,其关联度值均大于 CK。

表 6 标准小黑麦的构建

Table 6 Construction of standard triticale

指标 Index	株高/cm Plant height	枝条数 (×10 ⁴)/hm ⁻² Branch number	茎粗/mm Stem diameter	穗长/cm Ear length	穗粗/mm Ear diameter	鲜草产量/(t/hm ²) Fresh yield	干草产量/(t/hm ²) Hay yield
X ₀	185.92	663.33	3.89	12.01	8.57	43.44	15.78

表 7 各指标的关联度与权重系数

Table 7 Correlation and weighting coefficients of each indicator

指标 Index	株高 Plant height	枝条数 Branch number	茎粗 Steam diameter	穗长 Ear length	穗粗 Ear diameter	鲜草产量 Fresh yield	干草产量 Hay yield
关联度 Relevance	0.549 7	0.735 5	0.794 6	0.824 0	0.667 9	0.728 1	0.712 6
权重系数 Weight coefficient	0.109 7	0.146 7	0.158 5	0.164 4	0.133 3	0.145 3	0.142 2

2.6 优势小黑麦材料的优越性

根据综合评价结果,品系 TP17-20、TP17-

56、TP17-34、TP17-60、TP17-48、TP17-15、TP17-45、TP17-38、TP17-51、TP17-32 两年的平均加权

关联度均大于 CK1 与 CK2, 其中 TP17-20、TP17-34、TP17-51、TP17-45、TP17-48、TP17-60 的鲜(干)草产量均高于对照(表 9)。表 9 表明, TP17-20 的茎粗与穗粗均显著高于对照, 穗长高于对照; TP17-34、TP17-45 的茎粗、穗粗均显著高于

对照; TP17-51 的枝条数、茎粗、穗粗均显著高于对照; TP17-48 的茎粗与穗粗均显著高于对照, 枝条数高于对照; TP17-60 的茎粗、穗长与穗粗显著均高于对照。

表 8 小黑麦材料的加权关联度及综合排名

Table 8 Weighted correlation degree and comprehensive ranking of different triticale genotypes

编号 Number	材料 Material	加权关联度 Weighted incidence degree	排序 Order	编号 Number	材料 Material	加权关联度 Weighted incidence degree	排序 Order
P1	TP17-1	0.710 3	15	P13	TP17-40	0.676 0	23
P2	TP17-15	0.757 0	6	P14	TP17-41	0.658 3	24
P3	TP17-19	0.692 6	19	P15	TP17-45	0.753 0	7
P4	TP17-20	0.819 9	1	P16	TP17-48	0.760 5	5
P5	TP17-22	0.704 6	16	P17	TP17-51	0.748 6	9
P6	TP17-27	0.714 6	14	P18	TP17-56	0.769 4	2
P7	TP17-31	0.702 4	17	P19	TP17-60	0.763 2	4
P8	TP17-32	0.745 5	10	P20	TP17-66	0.741 8	12
P9	TP17-34	0.769 2	3	P21	TP17-67	0.677 9	22
P10	TP17-37	0.689 7	21	P22	TP17-68	0.690 1	20
P11	TP17-38	0.751 9	8	CK1	中饲 1048 Zhongsi 1048	0.695 0	18
P12	TP17-39	0.736 1	13	CK2	石大 1 号 Shida No. 1	0.742 0	11

表 9 小黑麦材料与对照相比的优势性状表现

Table 9 Trait performance of triticale material with advantages compared to control

编号 Number	材料 Material	株高/cm Plant height	枝条数 ($\times 10^4$)/ hm^{-2} Branch number	茎粗/mm Stem diameter	穗长/cm Ear length	穗粗/mm Ear diameter	鲜草产量/ (t/hm^2) Fresh yield	干草产量/ (t/hm^2) Hay yield
P4	TP17-20	134.25 \pm 0.73 e f g h	557.50 \pm 9.46 e f	3.65 \pm 0.01 c d e	11.82 \pm 0.08 a b c	7.27 \pm 0.18 g h i	43.44 \pm 0.10 a	15.78 \pm 0.44 a
P9	TP17-34	132.10 \pm 0.77 g h i	541.67 \pm 14.46 e f	3.81 \pm 0.03 a b	11.12 \pm 0.06 g h i	7.91 \pm 0.04 b c	39.07 \pm 0.54 c d e	15.09 \pm 0.26 a b
P17	TP17-51	127.82 \pm 0.80 j k l	663.33 \pm 26.82 a	3.49 \pm 0.02 g h	10.06 \pm 0.12 m	7.24 \pm 0.02 h i	39.76 \pm 0.65 b c d	14.88 \pm 0.50 a b
P15	TP17-45	133.65 \pm 0.20 f g h	574.17 \pm 10.83 c d e f	3.68 \pm 0.02 c d	11.67 \pm 0.10 b c d	7.31 \pm 0.09 f g h i	38.6 \pm 0.83 c d e	14.53 \pm 0.17 b c d
P16	TP17-48	129.52 \pm 1.03 i j	630.83 \pm 18.56 a b c	3.55 \pm 0.03 e f g h	10.80 \pm 0.04 k	8.05 \pm 0.08 b	39.54 \pm 0.43 c d	14.33 \pm 0.41 b c d e
P19	TP17-60	136.02 \pm 0.22 d e f	515.83 \pm 9.61 f	3.63 \pm 0.04 c d e f	11.98 \pm 0.06 a	7.57 \pm 0.08 d e f g	40.81 \pm 0.64 b c	14.33 \pm 0.19 b c d e
CK1	中饲 1048 Zhongsi 1048	185.92 \pm 3.40 a	520.83 \pm 8.82 f	3.33 \pm 0.03 j	11.62 \pm 0.12 c d e	6.00 \pm 0.09 m	33.71 \pm 0.73 h	13.22 \pm 0.41 d e f g
CK2	石大 1 号 Shida No. 1	177.73 \pm 1.54 b	582.5 \pm 6.29 c d e	3.37 \pm 0.03 i j	11.67 \pm 0.06 b c d	6.03 \pm 0.15 m	38.39 \pm 0.77 c d e	14.25 \pm 0.06 b c d e

3 讨论

3.1 年度间小黑麦材料形态特征和生产性能的差异及原因

不同年度间植株的形态特征和草产量受温度、光照、降雨等环境因素以及播种时期、种植方式等栽培因子的影响^[16], 其中降雨量与牧草的草产量正相关^[17]。植物在遭受干旱胁迫时, 株高、

分蘖数、叶片数等形态指标普遍降低^[18], 草产量大幅下降^[19]。由于陇东旱塬区 2020—2021 年度和 2021—2022 年度均为干旱年份, 尤其是 2021—2022 年度, 小黑麦生长期(2022 年 3—5 月)无有效降水, 极度干旱, 因此该年度参试小黑麦材料的平均株高、枝条数、茎粗、穗长和穗粗均显著低于 2020—2021 年度, 分别降低了 11.98%、18.45%、1.67%、34.80%、13.37%, 干

草产量较 2020—2021 年度降低了 27.34%，这与谢楠等^[20]的研究结果一致。

3.2 小黑麦材料间形态特征和生产性能的差异及原因

草产量是评定饲草生产性能和经济性能的重要指标,其高低对饲草经济效益具有十分重要的作用^[21]。王伟强等^[22]研究表明,植株的高度间接反映饲草的生产能力,但分蘖性能直接决定草产量。刘晶等^[23]研究表明,植株高度和枝条数对小黑麦的草产量都有所贡献,但分蘖性能对小黑麦草产量的贡献最大;禾本科植物茎粗对粮食作物的产量具有决定意义^[24]。但本研究表明,小黑麦材料的草产量高低是群体效应,是由各性状共同作用的结果,单个指标(株高、枝条数、茎粗、穗长、穗粗)与干草产量无显著相关性,鲜草产量与干草产量显著正相关(表 5)。小黑麦品系 P4(TP17-20)与 P9(TP17-34)由于茎粗和穗粗较大,两个年度的平均干草产量最高,分别为 15.78 t/hm²、15.09 t/hm²;P12(TP17-39)、P17(TP17-51)和 P16(TP17-48)由于分蘖性强、枝条数多,穗粗较大,抗倒伏能力较强,平均干草产量较高,分别为 15.09 t/hm²、14.88 t/hm²、14.33 t/hm²;P15(TP17-45)由于茎粗较大,穗长较长而获得较高的干草产量(14.53 t/hm²);P19(TP17-60)由于茎秆较粗,穗粗较粗而平均干草产量较高(14.33 t/hm²)。综上所述,TP17-20、TP17-34、TP17-51、TP17-39、TP17-45、TP17-48、TP17-60 在两个年度的平均干草产量较高,说明其稳产性好。

3.3 年度×材料交互作用间小黑麦材料形态特征和生产性能的差异及原因

年度×材料交互作用间的形态特征与草产量是自身遗传特性和环境因素综合作用的结果^[25]。2020—2021 年度,除株高与干草产量显著负相关外,其余形态指标均与草产量无显著相关性。小黑麦品系 P4(TP17-20)茎秆较粗、穗长与穗粗较大,故干草产量较高;P15(TP17-45)由于茎秆较粗、穗长较长而获得较高的干草产量;P12(TP17-39)由于枝条数较多、穗长较长,干草产量较高;P17(TP17-51)与 P1(TP17-1)由于枝条数较多,抗倒伏性与分蘖性强,而获得较高的干草产量;P6(TP17-27)枝条数较多,茎粗较粗,分蘖性强,干草产量较高;P9(TP17-34)茎粗与穗粗均较粗,干草产量较高。说明小黑麦品系 TP17-20、

TP17-45、TP17-39、TP17-51、TP17-1、TP17-27 与 TP17-34 丰产性好。2021—2022 年度各形态指标与草产量均无显著相关性,P9(TP17-34)由于株高较高、茎秆较粗,穗长较长而干草产量较高;P2(TP17-15)由于株高较高而干草产量较高;P17(TP17-51)由于分枝数较多,分蘖性与抗倒伏性较强而干草产量较高;P4(TP17-20)由于穗长较长、穗粗较粗而干草产量较高;P16(TP17-48)由于分枝数较多,分蘖性强,穗粗较粗而获得较高的干草产量。由于 2021—2022 年度为极度干旱年份,无有效降雨,说明材料 TP17-34、TP17-15、TP17-51、TP17-20 与 TP17-48 的抗旱性较强。综上所述,小黑麦品系 TP17-34、TP17-51、TP17-20 具有丰产稳产的特质,而且抗旱性较强。

3.4 综合评价

在干旱、半干旱地区,干旱胁迫是影响作物生长和限制作物产量的重要非生物因素之一。2021—2022 年度因极端干旱天气的影响,参试小黑麦材料由于株高、枝条数、茎粗、穗长、穗粗降低,鲜(干)草产量均降低,其中,穗长与枝条数下降最多,说明其受干旱影响最大;茎粗下降最少,说明其受干旱影响较小。相关性分析可知,小黑麦材料的鲜草产量是多个性状综合作用的结果,7 个指标的关联度为穗长>茎粗>枝条数>鲜草产量>干草产量>穗粗>株高,因此,在培育与选择高产小黑麦品种(系)时,要优先考虑穗长、茎粗、枝条数等指标;培育抗旱小黑麦品种(系)时,要优先考虑茎粗、株高、穗粗等指标。该研究将为小黑麦品种培育奠定理论基础。

根据综合评价结果可知,品系 TP17-20、TP17-56、TP17-34、TP17-60、TP17-48、TP17-15、TP17-45、TP17-38、TP17-51、TP17-32 的加权关联度均大于对照,说明其在两个年度的性状表现稳定,抗旱性较好,这对后续的育种工作具有指导意义。小黑麦的草产量是形态指标综合作用的结果;TP17-20 由于茎粗与穗粗显著高于对照、穗长高于对照而获得较高草产量;TP17-34 和 TP17-45 由于茎粗和穗粗显著高于对照而获得较高草产量;TP17-51 由于枝条数、茎粗、穗粗显著高于对照,草产量较高;TP17-48 由于茎粗与穗粗显著高于对照、枝条数高于对照,草产量较高;TP17-60 由于茎粗、穗长与穗粗显著高于对照而草产量较高。

4 结 论

干旱对小黑麦材料形态特征和生产性能的影响较大。小黑麦品系 TP17-20、TP17-45、TP17-39、TP17-51、TP17-1、TP17-27 与 TP17-34 丰产性好; TP17-34、TP17-15、TP17-51、TP17-20 与 TP17-48 的抗旱性强; TP17-34、TP17-51、TP17-20 高产稳产且抗旱性较强; TP17-20、TP17-56、TP17-34、TP17-60、TP17-48、TP17-15、TP17-45、TP17-38、TP17-51 的加权关联度值较高。因此, TP17-34、TP17-51、TP17-20 适宜在陇东旱塬区进一步的推广与种植。

参考文献 Reference:

- [1] 郭灵生,段小红. 平凉市草食畜牧业发展策略[J]. 中国畜牧业, 2013(20):78-79.
GUO L SH, DUAN X H. Strategy for the development of grass-fed animal husbandry in Pingliang City[J]. *China Animal Industry*, 2013(20):78-79.
- [2] 李小鹏,赵宇星,王永新,等. 末茬紫花苜蓿套作饲用燕麦的种植模式研究[J]. 草地学报, 2018, 26(6):1337-1346.
LI X P, ZHAO Y X, WANG Y X, *et al.* Research on intercropping pattern of oat in alfalfa of late growing season[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 26(6):1337-1346.
- [3] 李冬梅,田新会,杜文华. 饲草型小黑麦新品系在甘肃临洮灌区的生产性能研究[J]. 草原与草坪, 2016, 36(5):76-81.
LI D M, TIAN X H, DU W H. Study on production performance of new forage triticale lines in irrigation area of Lintao, Gansu Province[J]. *Grassland and Turf*, 2016, 36(5):76-81.
- [4] 陈志祯,黄河斋,高 巍,等. 黑麦草高产栽培技术及利用研究进展[J]. 中国草食动物科学, 2012, 32(3):73-76.
CHEN ZH ZH, HUANG H ZH, GAO W, *et al.* Progress in cultivation and utilization of high yield Ryegrass[J]. *China Herbivore Science*, 2012, 32(3):73-76.
- [5] 孔广超,曹连蕾,艾尼瓦尔,等. 高产优质饲草型小黑麦新小黑麦 2 号的选育与应用[J]. 种子, 2005(11):75-76.
KONG G CH, CAO L P, AINIWAER, *et al.* New type high yield and good quality forage triticale breeding and application of No. 2[J]. *Seed*, 2005(11):75-76.
- [6] MACIEJ T, GRZESIAK, IZABELA M, *et al.* The relationship between seedling growth and grain yield under drought conditions in maize and triticale genotypes[J]. *Acta Physiologiae Plantarum*, 2012, 34(5):1757-1764.
- [7] GRABOVETS A I, KROKHMAL A V. Prospects of breeding triticale for increased grain carotenoid and starch content[J]. *Russian Agricultural Sciences*, 2012, 38(5):345-347.
- [8] 何鹏亮,汪娅梅,揭红东,等. 不同刈割期对饲用小黑麦草产量和营养品质的影响[J]. 草地学报, 2021, 29(11):2609-2614.
- HE P L, WANG Y M, JIE H D, *et al.* Effects of different cutting time on the forage yield and nutritional quality of forage triticale[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(11):2609-2614.
- [9] 张舒芸. 小黑麦和黑麦的抗旱性与抗寒性研究[D]. 兰州:甘肃农业大学, 2018.
ZHANG SH Y. Studies on the drought and cold resistance of triticale and rye[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018.
- [10] 刘云飞. 混播方式对小黑麦产量与品质的影响[J]. 西藏农业科技, 2019, 41(1):14-16.
LIU Y F. Effect of mixed seeding on yield and quality of triticale[J]. *Tibet Journal of Agricultural Sciences*, 2019, 41(1):14-16.
- [11] 韩微波,张月学,尚 晨,等. 夏播小黑麦生育期品质变化规律研究[J]. 黑龙江农业科学, 2015(8):126-129.
HAN W B, ZHANG Y X, SHANG CH, *et al.* Quality change during growth period of summer sown Triticale[J]. *Heilongjiang Agricultural Sciences*, 2015(8):126-129.
- [12] 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.
WANG X, CHU H L, DU W H, *et al.* Analysis of seed yield and yield components of triticale lines in Lanzhou[J]. *Grassland and Turf*, 2021, 41(1):119-125.
- [13] 王智华,张凌云,魏立兴. 不同小黑麦品种在冬闲盐碱耕地的比较试验[J]. 作物杂志, 2021(4):191-195.
WANG ZH H, ZHANG L Y, WEI L X. Comparison test of different triticale varieties in winter fallow saline farmland[J]. *Crops*, 2021(4):191-195.
- [14] 赵方媛,赵雅姣,田新会,等. 30 个小黑麦品种在甘肃临洮县半干旱灌区的草产量及营养价值综合评价[J]. 草原与草坪, 2021, 41(4):10-16.
ZHAO F Y, ZHAO Y J, TIAN X H, *et al.* Comprehensive evaluation of forage yield and nutritional value of 30 triticale cultivars in semi-arid irrigation area of Lintao, Gansu Province[J]. *Grassland and Turf*, 2021, 41(4):10-16.
- [15] 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.
DAI H L, TIAN X H, DU W H, *et al.* Study on grass yield and nutrient quality of forage type triticale in Gannan area[J]. *Grassland and Turf*, 2019, 39(2):66-72.
- [16] 宋 谦,余小亮,马淑梅,等. 陇东地区秋播小黑麦的草产量及营养价值研究[J]. 饲料研究, 2022, 45(6):90-93.
SONG Q, YU X L, MA SH M, *et al.* Study on forage yield and nutritional value of autumn-sown triticale in eastern area of Gansu Province[J]. *Feed Research*, 2022, 45(6):90-93.
- [17] 李建伟,张生楹,罗志娜,等. 新疆尼勒克县荒漠草原生产性能与降雨量的关系研究[J]. 草食家畜, 2021, 4(4):26-

32.
LI J W, ZHANG SH Y, LUO ZH N, *et al.* Study on the relationship between productivity of desert grassland and rainfall in Nilka County [J]. *Grass-Feeding Livestock*, 2021, 4(4): 26-32.
- [18] 杨 丹, 张舒芸, 田新会, 等. 不同黑麦品种(品系)对持续干旱胁迫的形态适应性研究[J]. *草地学报*, 2020, 28(1): 122-129.
YANG D, ZHANG SH Y, TIAN X H, *et al.* Morphological adaptability of different rye varieties (Lines) to persistent drought stress [J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2020, 28(1): 122-129.
- [19] LENG G, HALL J. Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future[J]. *Science of The Total Environment*, 2019, 654: 811-821.
- [20] 谢 楠, 李 源, 赵海明, 等. 饲用黑麦、小黑麦品种的抗旱性评价[J]. *中国草地学报*, 2011, 33(6): 82-88, 101.
XIE N, LI Y, ZHAO H M, *et al.* Study on the evaluation of drought resistance of forage rye and triticale varieties [J]. *Chinese Journal of Grassland*, 2011, 33(6): 82-88, 101.
- [21] 李 诚, 艾尼瓦尔·哈德尔, 孔广超, 等. 不同饲用小黑麦品种在新疆的最佳收草期研究[J]. *石河子大学学报(自然科学版)*, 2006(4): 406-409.
LI CH, ANIWAR H, KONG G CH, *et al.* A study on the different forage triticale cultivars harvest in the best time in Xinjiang[J]. *Journal of Shihezi University (Natural Science)*, 2006(4): 406-409.
- [22] 王伟强, 刘 晶, 田新会, 等. ‘甘农 2 号’黑麦品种在青海省不同区域的适应性评价[J]. *草地学报*, 2021, 29(3): 504-514.
WANG W Q, LIU J, TIAN X H, *et al.* Adaptability evaluation of secale cereale ‘Gannong No. 2’ in different regions of Qinghai Province[J]. *Acta Agrestia Sinica*, 2021, 29(3): 504-514.
- [23] 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(5): 44-52.
LIU J, ZHAO F Y, DU W H, *et al.* Screening of high yield and high quality triticale genotypes in different ecological regions of Gansu Province[J]. *Grassland and Turf*, 2019, 39(5): 44-52.
- [24] 杨紫媛. 禾本科植物节间生长规律的研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2019.
YANG Z Y. Study on internode elongation in poaceae[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2019.
- [25] 裴亚斌. 甘南高寒牧区秋播小黑麦与复种作物的耦合效应及耦合机制[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2020.
PEI Y B. Coupling effect and mechanism of autumn seeding triticale and double crops in Gannan alpine pastoral area[D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2020.

Morphological Characteristics and Forage Yield of Triticale Lines in Response to Drought in Longdong Rainfed Plateau Area

WANG Min¹, SONG Qian² and DU Wenhua¹

(1. Pratacultural College, Gansu Agricultural University/Key Laboratory of Grassland Ecosystem, Ministry of Education/Sino-U. S. Center for Grazingland Ecosystem Sustainability, Lanzhou 730070, China; 2. Pingliang Academy of Agricultural Sciences, Pingliang Gansu 744000, China)

Abstract To select autumn sown triticale lines suitable for the production in Longdong area, a field experiment was conducted in Longdong rainfed plateau area to determine the plant height, branch number, stem diameter, ear length, ear diameter, fresh yield and hay yield of 22 triticale lines over two years (from 2020 to 2021 and from 2021 to 2022). Triticale varieties ‘Zhongsi 1048’ and ‘Shida No. 1’ were used as the controls, and comprehensive evaluation was conducted using grey correlation analysis. Indexes determined from 2020 to 2021 were significantly higher compared with those from 2021 to 2022. Over the two years, the average plant height of 24 triticale materials ranged from 125.00 cm to 185.90 cm, the average number of branches ranged from 515.83×10^4 to 663.33×10^4 branches per hectare, the average stem diameter ranged from 3.33 mm to 3.89 mm, the average ear length ranged from 10.06 cm to 12.01 cm, the average ear diameter ranged from 6.00 mm to 8.57 mm. Additionally, the average fresh and hay yields ranged from 33.71 t/hm² to 43.44 t/hm² and 11.22 t/hm² to 15.78 t/hm², respectively. The hay yields of triticale lines TP17-20, TP17-45, TP17-39, TP17-51, TP17-1, TP17-27 and TP17-34 obtained in 2020 to 2021 were high, with ideal yield potentials, whereas the hay yields of TP17-34, TP17-15, TP17-51, TP17-20 and TP17-48 were better in 2021 to 2022, showing strong drought resistance. The comprehensive evaluation showed that the weighted correlation values of triticale lines TP17-20, TP17-56, TP17-34, TP17-60, TP17-48, TP17-15, TP17-45, TP17-38 and TP17-51 were higher than those of the two controls. Triticale lines TP17-34, TP17-51, TP17-20 exhibit advantages such as high and stable yields, and strong drought resistance, which are suitable for the Longdong rainfed plateau area.

Key words Triticale; Longdong rainfed plateau area; Morphological characteristics; Production performance

Received 2023-02-27

Returned 2023-04-06

Foundation item The National Natural Science Foundation of China (No. 32260339); Industrial Support Program of Colleges and Universities in Gansu Province (No. 2022CYZC-49); Key Research and Development Program of Gansu Province (No. 20YF8NA129); Major Projects of Tibet Autonomous Region (No. XZ202101ZD003N).

First author WANG Min, female, master student. Research area: agronomy and seed industry. E-mail: 15294125316@163.com

Corresponding author DU Wenhua, female, professor, doctoral supervisor. Research area: grass germplasm resources and breeding cultivation. E-mail: duwh@gsau.edu.cn

(责任编辑: 成 敏 Responsible editor: CHENG Min)