

# 不同播种时期和收获时期对发草种子产量及品质的影响

何斌,张敏,王彦龙,刘颖\*,马玉寿\*\*

(青海大学,青海省畜牧兽医科学院,青海省高寒草地适应性管理重点实验室,青海省青藏高原优良牧草种质资源利用重点实验室,青海 西宁 810006)

**摘要:**【目的】明确不同播种时期和收获时期对发草(*Deschampsia cespitosa*)种子产量和品质的影响,筛选出贵南地区发草种植的最佳播种时期和收获时期。【方法】以青海省贵南县过马营镇为研究区域,以发草为研究对象,研究不同播种期和收获时期对发草种子产量、形态指标及产量构成因素的影响及不同收获时期对发草种子发芽率、含水量及种子活力的影响。【结果】2021年6月20日左右播种的发草当年出苗率、2022年返青率和2023年种子产量均达到最高( $P<0.05$ ),分别为78.33%、49.75%、1 437.3 kg/hm<sup>2</sup>;发草种子产量随收获时期的推迟逐渐降低,2022年发草种子产量在各收获时期无显著性差异,2023年乳熟期收获的发草种子产量显著高于完熟期( $P<0.05$ )。收获时期对种子活力无显著影响,2023年腊熟期和完熟期收获的种子发芽率显著高于乳熟期( $P<0.05$ )。【结论】在贵南县及同类气候条件地区建造发草种子田时,播种时间在6月20日左右,并于发草腊熟期进行收获时,对发草种子产量和品质的提高有明显作用。

**关键词:**发草;播种时期;收获时期;产量构成因素;种子产量;种子品质

**中图分类号:**S543.9 **文献标志码:**A **文章编号:**1009-5500(2025)01-0089-09

**DOI:**10.13817/j.cnki.cycp.2025.01.011



发草(*Deschampsia cespitosa*)是禾本科(Gramineae)发草属(*Deschampsia*)多年生草本植物,须根柔韧,在中国分布于东北、华北、西北和西南等地区,其适应性强,生长于海拔1 500~4 500 m的河滩地、灌丛中及草甸草原,具有耐旱性强、耐季节性水淹、耐刈割、抗旱性好、发芽率高、对土壤要求不严等特性<sup>[1-2]</sup>,

是理想的退化高寒沼泽湿地植被恢复植物<sup>[2]</sup>。但由于发草种子生产过程中缺乏系统高产栽培技术,造成发草种子产量低,无法进行规模化生产,导致发草在退化高寒沼泽湿地植被恢复治理工程中的应用受到限制。

牧草播种时期对其生长发育和收获量的影响较大,适宜的播种时期不但可以使牧草充分利用光、热等资源,而且可以为种子的高产、优质奠定基础。目前在牧草种植时,根据播种时期划分为春、夏、秋及冬播,不同地区及不同种类的牧草,适宜播种时期不同,因此在进行播种时必须要做到因地制宜<sup>[3]</sup>。研究表明,在由鸭茅(*Dactylis glomerata*)、多年生黑麦草(*Lolium perenne*)以及白三叶(*Trifolium repens*)组成的人工建植草地,秋播比夏播更有利于抑制杂草生长,且秋播的禾本科生物量大于夏播<sup>[4]</sup>;玉米(*Zea mays*)早播能够增加玉米植株在生育期内的有效积温,延长玉米有效生长期,有利于苗齐、苗壮,并能提前授粉期,

**收稿日期:**2024-01-03;**修回日期:**2024-03-16

**基金资助:**科技部国家重点研发项目(2021YFC3201603);青海省青藏高原优良牧草种质资源利用重点实验室项目(2020-ZJ-Y03)

**作者简介:**何斌(1993-),男,青海西宁人,博士研究生。

E-mail:510709120@qq.com

\*通信作者,研究方向为草地生态、牧草栽培与育种、抗逆生理。

E-mail:liuying\_yanhong@sina.com

\*\*通信作者,研究方向为退化草地植被恢复与重建。E-mail:mayushou@sina.com

提高结实率<sup>[5]</sup>。

种子收获时期可影响种子的成熟度和种子活力等指标,适时收获能够避免落粒<sup>[6]</sup>、鸟群及不良天气等不利因素对种子收获造成的损失<sup>[7]</sup>,并且在生产过程中,最佳的收获时间对种子的机械化生产具有重要意义<sup>[8]</sup>。研究表明,垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、草地早熟禾(*Poa pratensis*)等牧草随收获时间延迟,收获种子量、种子数、百粒重和种子萌发率呈先增加后降低的趋势;不同收获期对小麦种子活力有显著影响,随着收获期延迟,种子含水量下降,千粒重、长度和宽度增加、种子活力提高<sup>[10]</sup>。

发草作为退化湿地治理的先锋草种,对播种时期和收获时期的研究尤为重要。本试验以发草为研究对象,研究不同播种时期和收获时期对发草种子产量及构成因素的影响及不同收获时期对发草种子发芽率、含水量及种子活力的影响。明确发草在不同播种时期和收获时期下种子产量和品质的变化,筛选出贵南县发草种植的最佳播种时期和收获时期。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验地概况

试验地位于青海省贵南县过马营镇,地理位置 35°44' N, 101°10' E, 海拔 3 200 m。该地区气温年较差小,气候温凉寒冷,四季气候不明显。2022年3—8月平均高温 18℃,平均低温 2.8℃,降水量 309.2 mm, 2023年3—8月平均高温 16.5℃,平均低温 1.7℃,降水量 491.6 mm,日照充足,日照百分率为 68.0%。该试验地降水量和平均温度符合发草生长发育正常需求,且试验地土壤平整,平均坡度 $\leq 5^\circ$ ,土质松软,试验地周边设有围栏,无牲畜扰动,前茬作物为油菜。试验前测得土壤 pH 值为 8.5、土壤有机质、全磷、全氮含量分别为 4.8%、0.063%、0.17%,速效磷、速效钾含量分别为 129.47 mg/kg、6.9 mg/kg。

### 1.2 试验设计

供试材料发草来源于青海省畜牧兽医科学院。试验使用 2020 年 9 月收获,风干后于 4℃ 下保存的种子。试验前在室温条件(温度 24℃,相对湿度 60%)下进行了发芽试验,测得该批次发草千粒重(0.49±0.02)g,发芽率 82%,符合种植要求。

播种时期试验:每隔 20 天播种 1 次,共 8 次,每次 4

次重复。起始时间为 2021 年 5 月 10 日,终止时间为 2021 年 9 月 30 日,小区面积 12 m<sup>2</sup>(3 m×4 m),小区间隔为 80 cm。播种方式为人工条播,肥料使用氮肥作为底肥,播种量 7.5 kg/hm<sup>2</sup>,施肥量 450 kg/hm<sup>2</sup>,行间距 30 cm,播种深度 1 cm,播种前对试验地进行深耕 20 cm,耙细并平整土地,去除杂草。试验年限为 3 年,2021 年播种,2022 年及 2023 年在发草成熟期进行测定。不同播种时期统计表见表 1。

收获时期试验:试验于 2021 年 7 月 1 日进行播种。试验年限为 3 年,第 1 年播种,第 2 年及第 3 年在发草的 3 个收获时期(乳熟期、腊熟期、完熟期)分别进行测定,每个时期 4 次重复。小区面积 12 m<sup>2</sup>(3 m×4 m),小区间隔为 80 cm。播种方式为人工条播,肥料使用磷酸二铵,播种量 7.5 kg/hm<sup>2</sup>,施肥量 450 kg/hm<sup>2</sup>,行间距 30 cm,播种深度 1 cm,播种前对试验地进行深耕 20 cm,耙细并平整土地,去除杂草。

表 1 不同播种时期统计表

Table 1 Statistical table of different sowing periods

处理编号	播种时期/年—月—日
1	2021—5—10
2	2021—5—30
3	2021—6—20
4	2021—7—10
5	2021—7—30
6	2021—8—20
7	2021—9—10
8	2021—9—30

### 1.3 测定指标

1) 形态指标 每单位面积株数:于发草成熟期内,在每小区选取 1 m×1 m 样方,对株数进行测定,留茬高度 10 cm。

穗长:于发草成熟期内,每个小区中随机选取 20 个植株,用卷尺测量从穗末端至穗顶端的长度。

穗宽:于发草成熟期内,每小区随机选取 20 个植株,用卷尺测定穗部在自然展开状态下的最大宽度。

2) 产量构成因素 每生殖枝小穗数、每生殖枝小花数、每生殖枝结实数:于发草成熟期内,在每小区随机选取 20 个生殖枝,测定每生殖枝的小穗数、每生殖枝小花数与每生殖枝结实数。

结实率=每生殖枝结实数/每生殖枝小花数。

单株穗重:2022—2023 年,于发草成熟期内,在每

小区随机选取 20 个生殖枝,从最末端小穗处进行截取,测定单株穗重。

千粒重:种子风干清选后,每个处理选取 1 000 粒种子称重,计算种子的千粒重,重复 3 次。

3) 产量指标 种子产量:在产量构成因素测定完成后,对全小区进行刈割,收获种子,晒干,脱粒,清选后称重。

4) 质量指标 发芽率:采用滤纸培养皿法测定发芽率,设置 12 h 黑暗与 12 h 光照,光照时的温度为 24 ℃,黑暗时的温度为 16 ℃,发芽时间为 10 d。3 次重复,每个重复 100 粒种子。

种子活力指数:发芽势(GI)=发芽高峰期的发芽种子数/供试种子数×100%;活力指数(VI)=S×GI 式中 S 为幼苗重量(g)。

### 1.4 数据处理

采用 Excel 2016 进行数据的归纳和整理。SPSS 19.0 上进行单因素方差分析,运用 Origin 9.0 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同播种时期对发草出苗率及返青率的影响

播期对发草出苗率影响较大。播种后调查表明,出苗率随播期的延长呈先升高后降低的趋势,处理 3 的出苗率最高,为 78.33%,其次为处理 4,出苗率为 71.67%,处理 3 出苗率显著其他处理 ( $P < 0.05$ )(表 2)。

对 2022 年发草返青率调查结果显示,返青率最高的是处理 3,返青率为 49.75%,显著高于其他处理 ( $P < 0.05$ )。处理 5—8 在 2022 年未返青(表 2)。

表 2 不同播种时期发草第一年出苗率及返青率统计  
Table 2 Statistics of the first year seedling emergence rate and greening rate at different sowing periods of *Deschampsia cespitosa*

处理	2021 年出苗率/%	2022 年返青率/%
1	65.00±0.88 <sup>cd</sup>	27.00±1.44 <sup>e</sup>
2	68.00±1.00 <sup>bc</sup>	37.00±1.76 <sup>b</sup>
3	78.00±1.67 <sup>a</sup>	49.00±1.93 <sup>a</sup>
4	72.00±1.67 <sup>b</sup>	37.00±1.65 <sup>b</sup>
5	63.00±1.66 <sup>d</sup>	*
6	58.00±1.67 <sup>e</sup>	*
7	53.00±1.45 <sup>f</sup>	*
8	42.00±1.15 <sup>g</sup>	*

注:同列数据后不同小写字母表示同一指标间差异显著 ( $P < 0.05$ );“\*”表示该处理在 2022 年未返青。

### 2.2 不同播种时期对发草生育期影响

处理 1~4 在 2022 年完成返青,其余处理未完成返青。2022 年处理 1~4 均能完成生育期,生育期为 120~123 d。除处理 3 外,其余处理均在 4 月 20 日开始返青,处理 3 在 4 月 14 日开始返青,各处理进入分蘖期时间一致,但处理 3 进入拔节期早于其他处理,导致处理 3 生育期较其他处理提前 3 d 左右(表 2、表 3)。

2023 年处理 1~4 均能完成生育期,生育期为 114~121 d。2023 年处理 3 进入返青期和分蘖期均早于其他处理,但进入其他时期的时间晚于其他处理,这也导致处理 3 在 2023 年整体生育天数最长。2023 年各处理生育期与 2022 年相比,进入各时期时间基本一致,除成熟期外其他时期时间较为推迟,进入成熟期时间相近,但 2023 年发草完成生育期的总体时间少于 2022 年,较 2022 年生育天数提前 3~7 d 左右(表 3)。

表 3 不同播种时期发草生育时期及生育期统计

Table 3 Statistics of *Deschampsia cespitosa* childbearing period and reproductive period at different sowing times

年份	处理	返青期/ 月—日	分蘖期/ 月—日	拔节期/ 月—日	孕穗期/ 月—日	抽穗期/ 月—日	开花期/ 月—日	灌浆期/ 月—日	成熟期/ 月—日	生育期/d
2022	1	4—20	5—10	5—24	6—12	6—29	7—18	7—30	8—20	123
	2	4—20	5—10	5—24	6—12	6—29	7—18	7—30	8—20	123
	3	4—14	5—10	5—20	6—4	6—20	7—10	7—20	8—12	120
	4	4—20	5—10	5—24	6—10	6—28	7—18	7—30	8—20	123
2023	1	4—25	5—22	6—8	6—16	7—20	7—20	8—5	8—18	116
	2	4—25	5—20	6—8	6—15	7—30	7—20	8—5	8—18	116
	3	4—22	5—19	6—10	6—20	7—70	7—23	8—8	8—23	121
	4	4—27	5—22	6—7	6—17	7—20	7—20	8—5	8—20	114

### 2.3 不同播种时期对发草形态指标和产量构成因素的影响

不同播种时期对2022年发草形态指标影响较小,处理2每单位面积株数显著高于其他处理( $P<0.05$ ),穗长和穗宽在各处理下差异不显著。2023年发草形态指标变化无明显规律,且各指标在各处理间无显著差异(表4)。

不同播种时期对发草2022年产量构成因素影响较

小,处理2千粒重显著高于处理3和处理4( $P<0.05$ ),其余指标各处理间无显著差异。2023年发草每生殖枝小穗数、每生殖枝小花数、每生殖枝结实数及结实率最高,分别为74.00个、284.00个、260.00个及92.00%,每生殖枝小穗数和每生殖枝小花数显著高于处理2和处理4( $P<0.05$ ),每生殖枝结实数显著高于其他处理( $P<0.05$ ),结实率显著高于处理1和处理4( $P<0.05$ )。其余各指标在各处理间无显著差异(表5)。

表4 不同播种时期对发草形态指标的影响

Table 4 The effect of different sowing times on the morphological indicators of *Deschampsia cespitosa* growth

处理	年份	每单位面积株数	穗长/cm	穗宽/cm
1	2022	57.00±7.55 <sup>b</sup>	13.21±0.53 <sup>a</sup>	6.21±0.21 <sup>a</sup>
2		80.00±3.51 <sup>a</sup>	12.96±1.20 <sup>a</sup>	5.03±0.15 <sup>a</sup>
3		43.00±7.42 <sup>bc</sup>	11.50±1.84 <sup>a</sup>	6.78±2.02 <sup>a</sup>
4		35.00±1.53 <sup>c</sup>	11.77±0.69 <sup>a</sup>	5.63±0.44 <sup>a</sup>
1	2023	364.00±23.39 <sup>a</sup>	14.68±1.38 <sup>a</sup>	10.03±0.26 <sup>a</sup>
2		344.00±18.66 <sup>a</sup>	12.83±0.66 <sup>a</sup>	9.71±0.30 <sup>a</sup>
3		383.00±17.27 <sup>a</sup>	12.08±0.13 <sup>a</sup>	8.18±0.79 <sup>a</sup>
4		328.00±4.33 <sup>a</sup>	13.38±0.40 <sup>a</sup>	9.08±0.70 <sup>a</sup>

注:同列数据后不同小写字母表示同一指标间差异显著( $P<0.05$ ),下同。

表5 不同播种时期对发草产量构成因素的影响

Table 5 The influence of different sowing times on the composition factors of *Deschampsia cespitosa* yield

处理	年份	每生殖枝小穗数/个	每生殖枝花数/个	每生殖枝实数/个	结实率/%	单株穗重/g	千粒重/g
1	2022	67.00±6.12 <sup>a</sup>	161.00±16.58 <sup>a</sup>	126.00±14.93 <sup>a</sup>	0.78±0.02 <sup>a</sup>	0.13±0.02 <sup>a</sup>	0.36±0.01 <sup>ab</sup>
2		54.00±1.93 <sup>a</sup>	155.00±12.10 <sup>a</sup>	129.00±8.62 <sup>a</sup>	0.83±0.02 <sup>a</sup>	0.12±0.02 <sup>a</sup>	0.44±0.05 <sup>a</sup>
3		53.00±10.33 <sup>a</sup>	128.00±25.91 <sup>a</sup>	99.00±19.32 <sup>a</sup>	0.77±0.01 <sup>a</sup>	0.11±0.03 <sup>a</sup>	0.34±0.02 <sup>b</sup>
4		54.00±3.07 <sup>a</sup>	157.00±8.40 <sup>a</sup>	130.00±4.22 <sup>a</sup>	0.83±0.04 <sup>a</sup>	0.10±0.01 <sup>a</sup>	0.36±0.02 <sup>ab</sup>
1	2023	72.00±1.26 <sup>a</sup>	241.00±16.05 <sup>ab</sup>	200.00±16.78 <sup>b</sup>	0.83±0.02 <sup>b</sup>	0.25±0.02 <sup>a</sup>	0.79±0.03 <sup>a</sup>
2		50.00±3.20 <sup>b</sup>	210.00±4.73 <sup>b</sup>	190.00±8.89 <sup>b</sup>	0.91±0.02 <sup>a</sup>	0.22±0.04 <sup>a</sup>	0.67±0.11 <sup>a</sup>
3		74.00±2.98 <sup>a</sup>	284.00±16.67 <sup>a</sup>	260.00±14.16 <sup>a</sup>	0.92±0.01 <sup>a</sup>	0.22±0.03 <sup>a</sup>	0.52±0.10 <sup>a</sup>
4		56.00±1.02 <sup>b</sup>	210.00±14.41 <sup>b</sup>	178.00±13.69 <sup>b</sup>	0.85±0.01 <sup>b</sup>	0.23±0.02 <sup>a</sup>	0.54±0.10 <sup>a</sup>

### 2.4 不同播种时期对发草产量的影响

2022年和2023年发草种子产量变化趋势一致,2年的发草种子产量变化趋势均呈现先升高后降低的趋势。2022年发草种子产量为处理2较高,产量为192.68 kg/hm<sup>2</sup>,其次为处理3,产量为189.90 kg/hm<sup>2</sup>,种子产量最低的为处理4,产量为79.21 kg/hm<sup>2</sup>,处理2显著高于处理1和处理4( $P<0.05$ ),与处理3差异不显著。2023年发草种子产量最高的为处理3,产量为

1 437.34 kg/hm<sup>2</sup>,其次为处理2,产量为1 188.59 kg/hm<sup>2</sup>,种子产量最低的为处理1,产量为889.78 kg/hm<sup>2</sup>,处理3显著高于其他处理( $P<0.05$ )。

### 2.5 不同收获时期对发草形态指标和产量构成因素的影响

不同收获时期对2022年和2023年发草每单位面积株数、穗长、穗宽影响较小,各处理间差异不显著(表6)。

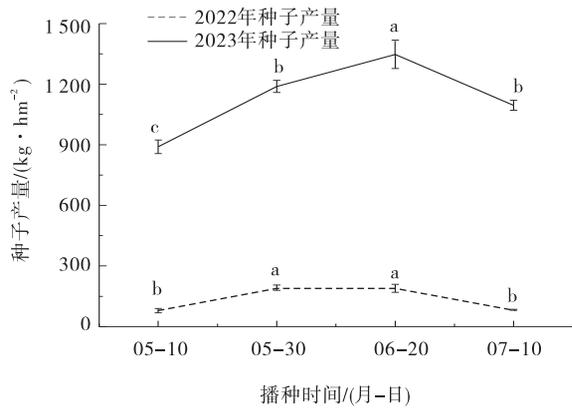


图 1 不同播种时期对发草种子产量的影响

Fig. 1 The effect of different sowing periods on the yield of grass seeds

注:不同小写字母表示同一指标间差异显著( $P < 0.05$ )。

不同收获时期对 2022 年和 2023 年发草每生殖枝小穗数、每生殖枝小花数和每生殖枝结实数影响较小,各处理间差异不显著。2022 年发草乳熟期结实率较高,为 90.60%,显著高于发草完熟期结实率( $P < 0.05$ ),较发草腊熟期结实率差异不显著;单株穗重和千粒重在乳熟期收获时表现较高,分别为 0.58 g 和 1.15 g,显著高于其他收获时期( $P < 0.05$ );2023 年发草乳熟期结实率较高,为 83.84%,显著高于其他处理( $P < 0.05$ );发草乳熟期单株穗重和千粒重显著高于完熟期单株穗重和千粒重( $P < 0.05$ ),较腊熟期单株穗重和千粒重差异不显著(表 7)。

表 6 不同收获时期对发草形态指标的影响

Table 6 The influence of different harvest stages on the morphological indicators of *Deschampsia cespitosa*

处理	年份	每单位面积株数/株	穗长/cm	穗宽/cm
乳熟		57.00±3.18 <sup>a</sup>	12.67±0.38 <sup>a</sup>	6.03±0.33 <sup>a</sup>
腊熟	2022	53.00±2.19 <sup>a</sup>	13.60±0.64 <sup>a</sup>	5.43±0.20 <sup>a</sup>
完熟		58.00±2.33 <sup>a</sup>	13.23±0.47 <sup>a</sup>	4.53±0.79 <sup>a</sup>
乳熟		373.00±9.02 <sup>a</sup>	14.83±0.19 <sup>a</sup>	4.63±0.30 <sup>a</sup>
腊熟	2023	384.00±11.61 <sup>a</sup>	15.37±0.43 <sup>a</sup>	4.93±0.59 <sup>a</sup>
完熟		385.00±12.24 <sup>a</sup>	13.77±0.22 <sup>b</sup>	4.37±0.37 <sup>a</sup>

表 7 不同收获时期对发草产量构成因素的影响

Table 7 The influence of different harvest stages on the composition factors of *Deschampsia cespitosa* yield

处理	年份	每生殖枝小穗数/个	每生殖枝小花数/个	每生殖枝结实数/个	结实率/%	单株穗重/g	千粒重/g
乳熟		55.00±0.88 <sup>a</sup>	159.00±4.18 <sup>a</sup>	144.00±2.19 <sup>a</sup>	90.60±1.05 <sup>a</sup>	0.58±0.02 <sup>a</sup>	1.15±0.02 <sup>a</sup>
腊熟	2022	52.00±2.40 <sup>a</sup>	161.00±6.64 <sup>a</sup>	140.00±5.86 <sup>a</sup>	87.13±0.53 <sup>a</sup>	0.48±0.03 <sup>b</sup>	0.75±0.01 <sup>b</sup>
完熟		59.00±5.13 <sup>a</sup>	168.00±11.06 <sup>a</sup>	131.00±6.69 <sup>a</sup>	78.35±1.48 <sup>b</sup>	0.32±0.02 <sup>c</sup>	0.55±0.01 <sup>b</sup>
乳熟		58.00±1.76 <sup>a</sup>	179.00±1.45 <sup>a</sup>	150.00±1.20 <sup>a</sup>	83.84±1.02 <sup>a</sup>	0.70±0.08 <sup>a</sup>	1.05±0.02 <sup>a</sup>
腊熟	2023	58.00±2.31 <sup>a</sup>	181.00±9.81 <sup>a</sup>	143.00±6.69 <sup>a</sup>	78.89±0.81 <sup>b</sup>	0.53±0.04 <sup>ab</sup>	0.75±0.02 <sup>ab</sup>
完熟		55.00±3.48 <sup>a</sup>	191.00±8.69 <sup>a</sup>	134.00±6.03 <sup>a</sup>	70.04±0.49 <sup>c</sup>	0.40±0.03 <sup>b</sup>	0.60±0.01 <sup>b</sup>

2.6 不同收获时期对发草种子产量的影响

随着收获时期的延长,发草种子产量在 2022 年和 2023 年均呈降低趋势。2 年的发草种子产量均为乳熟

期较高,完熟期较低。第 2 年乳熟期发草种子产量为 204.10 kg/hm<sup>2</sup>,完熟期发草种子产量为 174.75 kg/hm<sup>2</sup>,各收获时期种子产量差异不显著。第 3 年乳

熟期发草种子产量为1 348.67 kg/hm<sup>2</sup>,完熟期种子产量为1 155.24 kg/hm<sup>2</sup>,乳熟期发草种子产量显著高于完熟期发草种子产量( $P<0.05$ ),与腊熟期种子产量差异不显著。

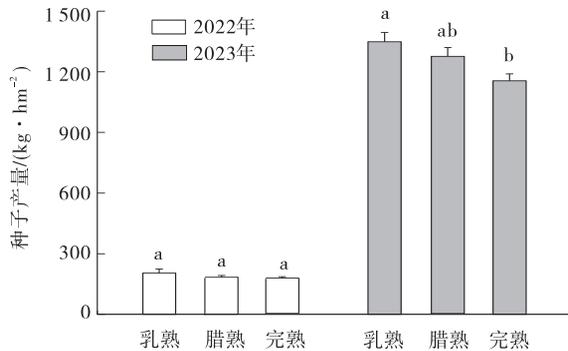


图2 不同收获时期对发草种子产量的影响

Fig. 2 The effect of different harvest periods on the yield of grass seeds

注:小写字母表示同一指标间差异显著( $P<0.05$ );横坐标乳熟为乳熟期,腊熟为腊熟期,完熟为完熟期,各时期为各收获时期处理。

## 2.7 不同收获时期对发草种子含水率、发芽率及种子活力指数的影响

随着种子的不断成熟,发草种子含水量呈下降趋势,2022年和2023年发草种子含水率变化趋势一致,但2年的种子含水率略有差异,2022年发草种子含水率最高的为乳熟期收获种子,含水率为43.17%,最低为完熟期收获种子,含水率为20.00%,乳熟期收获种子含水率显著高于其他收获时期( $P<0.05$ );发芽率、发芽势较高的为腊熟期收获种子,不同处理间差异不显著;活力指数较高的为完熟期收获种子,不同收获时期差异不显著。2023年发草种子含水率较高的为乳熟期收获种子,含水率为49.33%,显著高于其他收获时期( $P<0.05$ );发芽率较高的为腊熟期收获种子,发芽率为86.33%,显著高于乳熟期收获种子( $P<0.05$ );发芽势和活力指数较高的为完熟期收获种子,各处理间差异不显著(表8)。

表8 不同收获时期对发草种子含水率、发芽率及种子活力指数的影响

Table 8 The effect of different harvesting stages on the moisture content, germination rate, and seed vitality index of *Deschampsia cespitosa*

处理	年份	含水率/%	发芽率/%	发芽势/%	活力指数
乳熟	2022	43.17±2.77 <sup>a</sup>	85.00±3.06 <sup>a</sup>	16.67±2.19 <sup>a</sup>	1.12±0.07 <sup>a</sup>
腊熟		30.17±1.36 <sup>b</sup>	85.67±2.91 <sup>a</sup>	20.33±2.03 <sup>a</sup>	1.09±0.19 <sup>a</sup>
完熟		20.00±2.18 <sup>c</sup>	85.67±1.2 <sup>a</sup>	16.67±0.88 <sup>a</sup>	1.13±0.20 <sup>a</sup>
乳熟	2023	49.33±1.74 <sup>a</sup>	82.00±1.15 <sup>b</sup>	23.33±0.67 <sup>a</sup>	1.87±0.18 <sup>a</sup>
腊熟		34.00±3.75 <sup>b</sup>	86.33±0.88 <sup>a</sup>	23.00±1.15 <sup>a</sup>	1.94±0.30 <sup>a</sup>
完熟		29.00±2.29 <sup>b</sup>	86.33±1.20 <sup>a</sup>	24.33±0.88 <sup>a</sup>	2.13±0.43 <sup>a</sup>

## 3 讨论

### 3.1 不同播种时期对发草出苗率、返青率及生育期的影响

作物的出苗率主要通过调节作物群体生长发育进而影响产量<sup>[11]</sup>。返青期作为作物的重要转折时期,冬季幼苗能否发育成春季壮苗,是作物高产的关键<sup>[12]</sup>。研究表明,冬播小麦(*Triticum aestivum*)的出苗率随着播期的推迟而增加,播期最晚处理的小麦在第二年春季出苗率表现较好<sup>[13]</sup>。贾鲜艳等<sup>[14]</sup>研究表明,播期越晚,苜蓿(*Medicago sativa*)生长越缓慢,越

冬率及返青率越低。本试验表明,随着播期的推迟,发草出苗率和返青率呈先升高后降低的趋势,2021年6月20日播种的发草当年出苗率和2022年返青率均达到最高,这是由于播期过早,发草种子提前萌发,因倒春寒和降水较少等因素,导致出苗率较低,同时因为积累生物量较少而不能越冬;播期过晚,由于温度较高,水分较低使得种子萌发困难,且积累生物量时间较短,导致其无法正常越冬。

稳定的生育期是作物高产的关键,生育期过短会导致生物量积累较少,甚至无法完成正常的生长发育,而生育期过长,则会导致错过最佳的收获时期,并

增加病虫害感染几率,因此,寻找作物生育期也是影响作物产量的又一重要因素。研究表明,多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)与播种期之间存在显著的互作效应,推迟播种时间对多花黑麦草产量影响显著<sup>[15]</sup>。本试验结果表明,随着播期的推迟,发草生育期在2022年变化趋势为先降低后升高,在2023年无明显规律,这与前人的研究结果略有不同,主要原因为影响生育期的因素与多种环境因素存在关系,包括有效积温、日均温度、有效降水及日照时数等。

### 3.2 不同播种时期对发草形态指标、产量构成因素和种子产量的影响

作物产量与产量构成因素之间相互补偿,相互影响<sup>[16]</sup>,一般来说,产量构成因素很难同步增长,其中一种或几种构成因素的变化均会影响最终产量。黑麦草(*L. perenne*)在3个不同的播种期亩均鲜草量和干草量存在极显著的差异( $P < 0.01$ )<sup>[17]</sup>。受不同播种期的影响,“和燕1号”燕麦(*Avena sativa*)种子产量随着播种期的推后,种子产量呈上升-下降-上升的趋势<sup>[18]</sup>。本研究结果表明,发草种子产量在2022年和2023年均呈现先升高后降低的趋势,2021年5月30日播种时种子产量达最高,第2年具有显著差异的产量构成因素为每单位面积株数和千粒重;2021年6月20日播种的发草种子产量达最高,且该播期下对每生殖枝小穗数、每生殖枝小花数、每生殖枝结实数及结实率造成显著差异。这与前人的研究结果一致。说明不同作物的最适播期不同,并且播期对发草产量及其构成因素在不同年份的影响不同。同时研究表明,播种时间越早,种子产量反而较低,这是由于播种时间较早,发草出苗率较低,进而影响第2年和第3年发草分蘖数和有效生殖枝数,最终导致种子产量在播种时期早的情况下较低。

### 3.3 不同收获时期对发草形态指标、产量构成因素和种子产量的影响

作物在生长过程中生长趋势呈前慢,中快,后慢,含水量则随着生长过程逐渐降低<sup>[19]</sup>。发草种子成熟也有同样趋势,本研究表明,第2年和第3年发草结实率、单株穗重和千粒重在乳熟期收获时表现较高,其他指标在不同收获时期差异不显著。这是由于发草在成熟期已经停止生长发育,因此发草每单位面积株数、穗长、穗宽、每生殖枝小穗数、每生殖枝小花数和

每生殖枝结实数差异不显著;结实率、单株穗重和千粒重的变化随收获时期的延长逐渐降低,这是由于随收获时期的延长,发草落粒明显,造成结实率逐渐降低,并且发草穗部含水量逐渐降低,造成单株穗重呈现逐步降低的趋势。千粒重出现降低趋势可能是由于在发草成熟过程中,发草种子干物质积累量差异不显著,收获越早,收获的籽粒饱满的种子越多,在风干处理后千粒重较高,随着收获时间的推迟,籽粒饱满的种子落粒严重,因此导致千粒重呈降低趋势。

发草种子产量随收获时期的推迟,产量逐渐降低,最终在完熟期种子产量达到最低。第2年和第3年发草种子产量在乳熟期最高,产量分别为204.1 kg/hm<sup>2</sup>、1 348.7 kg/hm<sup>2</sup>,第2年发草种子产量无显著性差异,第3年乳熟期收获的发草种子产量显著高于完熟期种子产量。这是由于随着收获时期的推迟,发草种子落粒明显,收获的种子数降低,导致完熟期种子产量较低。

### 3.4 不同收获时期对发草种子含水率、发芽率及种子活力指数的影响

最佳收获时间关系到种子产量和质量<sup>[20]</sup>。种子含水量、发芽率和种子活力作为指示收获时及收获后的重要指标,是人们在生产实践中常用的方法<sup>[21]</sup>。张成林<sup>[22]</sup>研究表明,试验2年间,硬秆仲彬草(*Kengyili rigidula*)种子含水量随收获时间的延长含水量呈现出缓慢下降—快速下降—趋于稳定三个阶段。本研究结果表明,2年发草种子含水率下降趋势一致,但2年的发草种子含水率略有差异,第2年发草种子含水率最高的为乳熟期种子,含水率为43.17%;第3年发草种子含水率较高的为乳熟期收获的种子,含水率为49.33%。田宏等<sup>[23]</sup>研究表明,不同时期收获的扁穗雀麦(*Bromus cartharticus*)种子发芽率和活力指数随收获时间的延长逐渐升高,在开花后42 d略有下降。本研究表明,收获期对第2年发草种子发芽率和种子活力的影响无显著差异,第3年发草种子发芽率在腊熟期收获时为86.33%,显著高于乳熟期收获的种子发芽率( $P < 0.05$ ),对种子活力的影响无显著差异。这是由于发草种子在授粉后进入生长的乳熟期,种子千粒重迅速增加并基本建成产量构成因素,此时发草种子已具有较强的生活力,含水量较高,但种子生理

已完全成熟,可以正常发芽。随着种子生长的不断成熟,发草种子的含水量呈下降趋势,且发草种子含水量在2年的变化趋势一致。

#### 4 结论

6月20日左右播种的发草当年出苗率、第2年返青率和第3年发草种子产量均达到最高,生育期和发草种子产量呈正相关,在种植过程中应适当延长发草生育期,来达到高产需求。

发草种子产量随收获时期的推迟逐渐降低,第2年发草种子产量在各收获时期无显著性差异,第3年乳熟期收获的种子产量显著高于完熟期。第3年腊熟期收获的种子发芽率较其他收获时期达显著水平。虽然第3年乳熟期收获时发草种子产量较高,但与腊熟期收获的种子产量差异不显著,同时结合发芽率来看,在发草腊熟期收获可以避免种子水分过高,增加晾晒难度,过早收获导致发草种子发芽率较低,过晚收获会导致发草落粒性降低,影响发草种子产量。

综上所述,在贵南县和同类气候条件下进行发草种籽建设和实际生产时,在6月20日左右进行播种,在发草腊熟期收获时对发草种子产量及品质提升较大。

#### 参考文献:

- [1] 王彦龙,马玉寿,施建军,等.发草栽培驯化研究初报[J].青海畜牧兽医杂志,2019,49(2):21-24.
- [2] 罗巧玉,王彦龙,杜雷,等.黄河源区发草适生地植物群落特征及其土壤因子解释[J].草业学报,2021,30(2):80-89.
- [3] 库来夏·哈孜依.优良牧草种植要点须知[J].中国畜牧兽医文摘,2016,32(11):227.
- [4] 胡民强,福永和男.不同播种时期对放牧草地牧草收获量和化学成分的影响[J].草业学报,1997,6(1):24-27.
- [5] 王景生.播种期对内蒙古赤峰市玉米产量的影响试验[J].农业工程技术,2020,40(14):26.
- [6] 王颖,周玉迁,单琳.光照条件、施肥量和播种时期等对几种野生芹菜生长及产量的影响[J].林业科技,2020,45(3):28-31.
- [7] 王德成,贺长彬,武红剑,等.苜蓿生产全程机械化技术研究现状与发展分析[J].农业机械学报,2017,48(8):1-25.
- [8] 张晓雪.收获时期对玉米机械化籽粒直收收获质量及籽粒品质的影响[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2022.
- [9] 杜昕帅.管理方式和收获时间对海北高寒草甸主要草种子产量与质量的影响[D].兰州:兰州大学,2021.
- [10] 张艳芳,吴凯铭,刘光耀,等.不同收获期对小麦种子活力及物理性状的影响[J].种子,2021,40(8):1-7+14.
- [11] 丁明军,张懿铨,刘林山等.青藏高原植物返青期变化及其对气候变化的响应[J].气候变化研究进展,2011,7(5):317-323.
- [12] 冯长松,梁志妍,韩康康,等.返青期喷施海藻肥对苜蓿生长及品质的影响研究[J].饲料研究,2023,46(20):133-136.
- [13] 董玉新.内蒙古春麦冬播高产高效生理机制及配套栽培技术研究[D].呼和浩特:内蒙古农业大学,2021.
- [14] 贾鲜艳,张众,庞敏娜,等.不同播期及密度对草原3号苜蓿生长发育的影响[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2012,33(1):93-98.
- [15] 钟声,黄梅芬,薛世明,等.播种期和播种量对2种冬性牧草生产和干物质产量的影响[J].草业学报,2007,16(4):9-14.
- [16] 危文波.作物高产机理研究进展[J].西藏农业科技,2017,39(1):1-5.
- [17] 高承芳,张晓佩,刘远,等.不同播种时间对多花黑麦草生产性能及产量的影响[J].江西农业学报,2014,26(10):42-45.
- [18] 张少平,武慧娟,耿小丽,等.“和燕1号”在二阴地区最佳播种期试验研究[J].中国草食动物科学,2019,39(3):29-32.
- [19] 李德全,高辉远,孟庆伟,等.植物生理学[M].北京:中国农业科学技术出版社,2004:196-197.
- [20] 孙健阳.柳枝稷种子发育生理及适宜收获期研究[D].长春:东北师范大学,2015.
- [21] 王伟,周天荣,孙林,等.赤峰巴林左旗典型草原针茅属牧草最适收获期研究[J].草原与草坪,2022,42(6):122-127.
- [22] 张成林.施氮和收获时期对硬秆仲彬草种子产量和质量的影响[D].雅安:四川农业大学,2022.
- [23] 田宏,张鹤山,熊军波,等.不同收获期扁穗雀麦的种子特性[J].草业科学,2019,36(8):2105-2111.

# Effect of different sowing and harvesting periods on the yield and quality of *Deschampsia cespitosa* seeds

HE Bin, ZHANG Min, WANG Yan-long, LIU Ying\*, Ma Yu-shou\*\*

(Qinghai university, Qinghai Academy of Animal Husbandry and Veterinary Sciences, Qinghai Key Laboratory of Alpine Grassland Adaptive Management, Key Laboratory of Utilization of Fine Forage Germplasm Resources in Qinghai Tibetan Plateau, Xining 810006, China)

**Abstract:** [Objective] The study was carried out to clarify the impact of different sowing and harvesting periods on the yield and quality of *Deschampsia cespitosa* seeds, and to screen out the optimal sowing and harvesting periods for *D. cespitosa* planting in the Guinan region. [Method] This experiment takes Guomaying Town, Guinan County, Qinghai Province as the research area, with *D. cespitosa* as the research object, to study the effects of different sowing and harvesting periods on the *D. cespitosa* yield, morphological indicators, and yield components of *D. cespitosa* seeds, as well as the effects of different harvesting periods on the germination rate, moisture content, and seed vitality of *D. cespitosa* seeds. [Result] The research results showed that the emergence rate, greening rate in 2022, and seed yield in 2023 of the *D. cespitosa* around June 20, 2021, reached their highest levels ( $P < 0.05$ ), with values of 78.33%, 49.75%, and 1437.3 kg/hm<sup>2</sup>, respectively. The yield of *D. cespitosa* seeds gradually decreased with the delay of harvest period, and there was no significant difference in the yield of *D. cespitosa* seeds in each harvest period in 2022. The yield of *D. cespitosa* seeds harvested in the milk ripening period in 2023 was significantly higher than that in the full ripening period ( $P < 0.05$ ). The harvest period did not reach a significant level of seed vitality, and the germination rate of seeds harvested during the wax ripening period in 2023 reached a significant level ( $P < 0.05$ ). [Conclusion] When constructing *D. cespitosa* fields in Guinan County and similar climatic conditions, the sowing time shall be around June 20th, and harvesting during the grass wax ripening period has a significant effect on improving the yield and quality of *D. cespitosa* seeds.

**Key words:** *Deschampsia cespitosa*; sowing period; harvest period; factors constituting yield; seed yield; seed quality

(责任编辑:康宇坤)