



不同播种量对紫花苜蓿种子产量及构成因素的影响

赵梦雨 王斌 王腾飞 兰剑

Effects of different seeding rates on seed yield and components of alfalfa

ZHAO Mengyu, WANG Bin, WANG Tengfei, LAN Jian

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0958>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

青海东部农业干旱区不同播种方式对紫花苜蓿农艺性状和生产性能的影响

Effects of different sowing methods on the agronomic and productive properties of alfalfa in the agricultural arid area of Eastern Qinghai

草业科学. 2021, 38(2): 327 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2020-0312>

12个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值

Production performance and nutritional value of 12 alfalfa cultivars in a semi-arid zone

草业科学. 2018, 12(6): 1472 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0320>

种植密度和施氮量互作对盐碱地紫花苜蓿生长性能和生理特性的影响

Interaction effects of plant density and nitrogen rate on the growth and physiological traits of alfalfa in saline alkali soils

草业科学. 2021, 38(8): 1570 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2021-0211>

根瘤菌拌种量对库布齐沙地紫花苜蓿生长的影响

Effect of Rhizobium dosage on growth of alfalfa in Kubuqi Sandland

草业科学. 2017, 11(11): 2303 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2017-0012>

外源甜菜碱对NaCl胁迫下紫花苜蓿种子萌发及幼苗抗性的影响

Effects of exogenous betaine on alfalfa seed germination and seedling resistance under NaCl stress

草业科学. 2019, 36(12): 3100 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2019-0361>

施肥对紫花苜蓿生产性能及营养品质的影响

Effects of different fertilization schemes on alfalfa performance and nutritional quality

草业科学. 2019, 36(3): 793 <https://doi.org/10.11829/j.issn.1001-0629.2018-0328>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

DOI: 10.11829/j.issn.1001-0629.2022-0958

赵梦雨, 王斌, 王腾飞, 兰剑. 不同播种量对紫花苜蓿种子产量及构成因素的影响. 草业科学, 2023, 40(11): 2871-2878.

ZHAO M Y, WANG B, WANG T F, LAN J. Effects of different seeding rates on seed yield and components of alfalfa. Pratacultural Science, 2023, 40(11): 2871-2878.

不同播种量对紫花苜蓿种子产量及构成因素的影响

赵梦雨, 王斌, 王腾飞, 兰剑

(宁夏草业工程技术研究中心 / 宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 为探讨宁夏半干旱区紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 种子田高效生产的最佳播种量, 采用单因素随机区组设计, 研究不同播种量 (S_1 : $1.2 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, S_2 : $1.8 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, S_3 : $2.4 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, S_4 : $3.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, S_5 : $3.6 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$) 对紫花苜蓿种子生产性能和构成因素的影响。结果表明, 播种量对紫花苜蓿株高、一级分枝数、每生殖枝花序数、每花序小花数、每花序结荚数、单位面积生殖枝条、每荚种子数、千粒重、实际种子产量和表现种子产量均有显著影响 ($P < 0.05$), 其中单位面积生殖枝条数、每生殖枝花序数、每花序结荚数、每荚种子数及千粒重均在 S_4 播量下达到最高, 分别为 177.09、23.35、12.56、6.16 和 1.88 g; 株高和每花序小花数在 S_2 播量下达到最大, 分别为 87.81 cm 和 18.18; 以上指标均随播种量的增加呈先增加后降低趋势。表现种子产量和实际种子产量均在 S_4 处理下最大, 分别为 5 993.39 和 630.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 较 S_1 处理提高了 180.25% 和 38.41%。相关性分析表明, 每生殖枝花序数与每花序小花数和种子产量间均极显著正相关 ($P < 0.01$)。主成分分析显示, 每生殖枝花序数和实际种子产量的贡献率最大, 每荚种子数次之, 株高的贡献率最小, 综合排名由高到低为 $S_4 > S_3 > S_2 > S_5 > S_1$ 。建议在宁夏半干旱区紫花苜蓿种子田生产的最佳播种量为 $3.0 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

关键词: 半干旱区; 紫花苜蓿; 播种量; 生长指标; 种子产量; 种子生产性能; 构成因素

文献标识码: A 文章编号: 1001-0629(2023)11-2871-08

Effects of different seeding rates on seed yield and components of alfalfa

ZHAO Mengyu, WANG Bin, WANG Tengfei, LAN Jian

(Ningxia Grass and Animal Husbandry Engineering Technology Research Center / College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, Ningxia, China)

Abstract: In order to determine the optimum sowing rate of alfalfa seed field in a semi-arid area of the Ningxia region, a single factor randomized block design was used to study the effects of different sowing rates (S_1 : $1.2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, S_2 : $1.8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, S_3 : $2.4 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, S_4 : $3.0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, S_5 : $3.6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) on alfalfa seed production performance and composition factors. Plant height, number of primary branches, number of inflorescences per reproductive branch, number of spikelets per inflorescence, number of pods per inflorescence, number of reproductive branches per unit area, number of seeds per pod, 1 000-grain weight, actual seed yield, and the performance seed yield of alfalfa were significantly affected by sowing rate (all $P < 0.05$). The number of reproductive branches per unit area, number of inflorescences per reproductive branch, number of pods per inflorescence, number of seeds per pod, and the 1 000-grain weight were the highest under S_4 sowing rate (177.09, 23.35, 12.56, 6.16, and 1.88 g, respectively). Plant height and number of spikelets per inflorescence reached their maximum under

收稿日期: 2022-12-09 接受日期: 2023-02-22

基金项目: 宁夏高等学校一流学科建设(草学学科)项目(NXYLXK2017A01); 宁夏抗旱节水优质饲草新品种选育与良种繁育项目(2019NYYZ0402)

第一作者: 赵梦雨(1993-), 女, 宁夏石嘴山人, 在读硕士生, 主要从事牧草育种与栽培研究。E-mail: 249338774@qq.com

通信作者: 兰剑(1970-), 男, 四川邻水人, 教授, 博士, 主要从事牧草育种与栽培。E-mail: ndlanjian@163.com

S_2 sowing rate (87.81 cm and 18.18, respectively). The above indices initially increased and then decreased with increasing seeding rate. Seed and actual seed yields were the highest under S_4 treatment (5993.39 and 630.68 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, respectively), representing respective increases of 180.25% and 38.41% compared with S_1 treatment. Correlation analysis revealed that the number of inflorescences per reproductive branch was positively correlated with the number of spikelets per inflorescence and seed yield ($S_4 > S_3 > S_2 > S_5 > S_1$). The findings suggest that the best sowing rate for alfalfa seed production in the semi-arid area of Ningxia is $3.0 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Keywords: semi-arid region; alfalfa; sowing quantity; growth indicators; seed yield; seed production performance; constituent factors

Corresponding author: LAN Jian E-mail: ndlanjian@163.com

优质牧草种子是农业生产中最基本的生产资料,是农业再生产的关键因素^[1]。紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 因其产草量高、营养丰富、适口性好,被国内外广泛种植,有“牧草之王”的美誉^[2]。近年来,随着种植结构的调整以及奶牛产业对优质苜蓿的需求量逐年增加,紫花苜蓿在我国饲草中的地位进一步提升^[3],成为畜牧业发展中举足轻重的草种。但由于国内优质苜蓿种子供应量远低于需求量,80%种子需从国外进口。宁夏半干旱区农业生产条件优越,种子生产潜力巨大,是苜蓿种子生产的黄金区域^[4],但长期以来不合理的种植技术和粗放的管理措施,严重影响了苜蓿的生长发育和种子产量的增加。有研究表明,合理的播种量在建植苜蓿种子田中尤为重要,决定了紫花苜蓿的群体大小^[5]。因此,探索适宜的播种量对提高紫花苜蓿种子产量和促进宁夏半干旱区苜蓿种业发展具有重要意义。

播种量是影响紫花苜蓿生长和种子田高产的重要因素。近年来,学者们为了探究出苜蓿种子田的适宜播种量做了相应研究。例如,海涛等^[6]研究发现,紫花苜蓿种子产量在播种量为 $3.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时达到最高。马克成和王秉龙^[7]研究表明,紫花苜蓿种子产量在播种量为 $7.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时达到最高,较其他处理增产了 2.0%~13.3%。Askarian 等^[8]研究证明,当播种量为 $1.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时,单位面积内的花序数、结荚数最多,种子产量最高。Abu-Shakra 等^[9]指出紫花苜蓿播种量在 $0.5\sim 2.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 内,其种子产量最高。李拥军和闵继淳^[10]研究认为紫花苜蓿播种量为 $2.5 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时其种子产量最高。目前,学者们针对播种量对紫花苜蓿的研究主要集中在干草产量、营养价值等方面^[11-12]。而关于播种量对紫花苜蓿种子产量以及构成因素影响的研究也有报道,但主要集中在东北等少部分地区,涉及区域有一定的

局限性,尤其在宁夏半干旱地区鲜见。宁夏半干旱区具有得天独厚的种子生产环境,该区域进行紫花苜蓿种子生产的相关研究具有很强的代表性。鉴于此,在宁夏半干旱区开展播种量对苜蓿种子产量以及构成因素影响的研究,探究提高种子生产性能的关键技术,挖掘出苜蓿种业实现高产优质的最大潜力,以期宁夏半干旱区苜蓿种子生产提供科学的生产方案和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于宁夏固原市原州区黄泽堡镇曹堡村 ($36^{\circ}17'32'' \text{ N}$, $106^{\circ}09'25'' \text{ E}$, 海拔 1 734 m)。该地区属典型的温带半干旱区,年均温 $6.8 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $> 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2\ 263 \text{ }^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$, 年均蒸发量 $1\ 200\sim 1\ 800 \text{ mm}$, 全年无霜期 $103\sim 148 \text{ d}$, 年均降水量 471.2 mm , 多集中在 7 月—9 月,年平均日照时数 $2\ 250\sim 2\ 700 \text{ h}$, 昼夜温差 $10\sim 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。试验区地势平坦,土壤为黄绵土,播前 $0\sim 20 \text{ cm}$ 土层有机质、全氮、全磷含量分别为 5.45 、 0.65 、 $0.37 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,速效磷和速效钾含量分别为 9.20 和 $94 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, pH 为 8.20。

1.2 试验材料

试验紫花苜蓿品种为‘中苜 3 号’,种子来源于宁夏荟峰农副产品有限公司,种子的基本特性是秋眠级 3~4 级,生长速度快,产草量高,发芽率为 96%,种子净度为 98%。

1.3 试验设计

试验采用单因素随机区组设计,设置 5 个不同播种量 ($S_1: 1.2 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $S_2: 1.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $S_3: 2.4 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $S_4: 3.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 、 $S_5: 3.6 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$), 小区面积 90 m^2 ($9 \text{ m} \times$

10 m), 4 个重复, 共 20 小区, 小区间隔 2 m, 四周设 1 m 保护行。于 2020 年 7 月 3 日播种, 采用人工穴播, 播后镇压, 株距 20 cm, 行距 60 cm, 播深 2~3 cm。生育期内施肥 1 次, 所用肥料为尿素 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ($N \geq 46.0\%$)。试验期间适时进行杂草防除和病虫害防控。各项指标均在 2021 年测定。在紫花苜蓿现蕾期灌水 1 次, 灌水量为 $900 \text{ m}^3 \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

1.4 测定指标及方法

1.4.1 苜蓿生长指标的测定

株高: 成熟期在每小区随机选取 20 株苜蓿, 测量自然高度, 取平均值。

一级分枝数: 成熟期在每小区随机选取 5 个 1 m 样段, 统计一级分枝数, 根据行距和株距换算出每平方米的一级分枝数。

二级分枝数: 成熟期在每小区随机选取 10 株紫花苜蓿, 统计二级分枝数。

茎节数: 成熟期在每小区随机选取 10 株紫花苜蓿, 统计茎节数。

1.4.2 种子产量构成因素

每生殖枝花序数和每花序小花数: 盛花期, 在每个小区随机选取 20 枝生殖枝条, 观测并记录每个生殖枝上的花序数; 同时, 选取 20 个具有代表性的花序, 观测并记录每个花序上的小花数。

每花序结荚数: 结荚末期, 在每小区随机选取 20 个生殖枝条, 观测并记录每个花序的结荚数。

单位面积生殖枝条和每荚种子数: 种子收获期(成熟期), 在每小区随机选取 5 个 1 m 样段人工刈割, 统计每个样段的生殖枝, 根据行距和株距换算出每平方米生殖枝数; 从刈割的生殖枝中选取 20 个

有代表性的结荚花序, 观测并记录每个荚果的种子数。

千粒重: 在实验室将各个重复小区收获的同一种处理清选后的种子混合晾干, 然后随机分离 1000 粒干净种子, 重复 6 次, 然后称其重量。

1.4.3 种子产量

实际种子产量: 在苜蓿成熟期(80% 植株荚果呈黑褐色), 每小区随机选取 5 个 1 m 样段, 人工用镰刀刈割, 在田间晒干后脱粒清选, 然后称重并折算出每公顷产量。

表现种子产量: 每平米生殖枝 \times 每生殖枝花序数 \times 每花序结荚数 \times 每荚种子数 \times 千粒重 $\times 10^{-3}$, 最后折算出每公顷种子产量^[13]。

收获率(实际种子产量占表现种子产量的百分比) = 实际种子产量/表现种子产量 $\times 100\%$ 。

1.5 数据分析

采用 Excel 2019 整理数据, 利用 SPSS 25.0 进行单因素方差分析、Duncan 多重比较和主成分分析(principal component analysis, PCA), Origin 2021 制图。

2 结果与分析

2.1 不同播种量对紫花苜蓿株高、茎节数和分枝数的影响

播种量对紫花苜蓿株高和一级分枝数均有显著影响 ($P < 0.05$), 对茎节数和二级分枝数无显著影响 ($P > 0.05$)。株高最高的处理是 S_2 , 达 87.81 cm; 其次为 S_1 , 株高为 85.18 cm; 最低的是 S_5 , 仅 81.17 cm, 较 S_2 和 S_1 分别降低 7.56% 和 4.71% (表 1)。每平方米茎节数最多是 S_2 处理, S_3 与 S_4 处理的茎节数相等, 均为 14.25。每平方米一级分枝数在 257.41~

表 1 不同播种量苜蓿株高和分枝数的比较

Table 1 Comparison of alfalfa plant height and branch number with different sowing amounts

播量 Sowing amount/($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	株高 Plant height/cm	茎节数 Stem nodes/(node $\cdot \text{m}^{-2}$)	一级分枝数 Number of primary branches/(branch $\cdot \text{m}^{-2}$)	二级分枝数 Number of secondary branches/(branch $\cdot \text{m}^{-2}$)
1.2 (S_1)	85.18 \pm 1.64b	13.75 \pm 0.41a	404.77 \pm 14.40a	10.20 \pm 0.37a
1.8 (S_2)	87.81 \pm 1.56a	14.50 \pm 0.25a	316.32 \pm 14.91b	10.00 \pm 0.32a
2.4 (S_3)	85.10 \pm 2.01b	14.25 \pm 0.29a	279.46 \pm 15.82d	9.80 \pm 0.37a
3.0 (S_4)	83.37 \pm 3.53b	14.25 \pm 0.48a	300.00 \pm 15.94c	9.80 \pm 0.37a
3.6 (S_5)	81.17 \pm 2.24c	14.00 \pm 0.25a	257.41 \pm 13.95e	9.60 \pm 0.40a

不同小写字母表示处理间差异显著 ($P < 0.05$); 下同。

Different lowercase letters indicate significant differences among different varieties at the 0.05 level. This is applicable for the following figures and tables as well.

404.77, 排名由高到低依次为 $S_1 > S_2 > S_4 > S_3 > S_5$, 其中 S_1 的一级分枝数最多, 达 404.77, 其次为 S_2 , 为 316.32, S_5 处理的一级分枝数最少, 仅 257.41, 与 S_1 和 S_2 分别相差 147.46 和 58.91。各处理间每平方米二级分枝数 S_1 处理的二级分枝数最多, 为 10.20, S_3 与 S_4 均为 9.80 (表 1)。

2.2 不同播种量对紫花苜蓿种子产量构成因素的影响

如表 2 所列, 不同播种量紫花苜蓿的单位面积生殖枝数、每生殖枝花序数、每花序小花数、每花序结荚数、每荚种子数和千粒重均存在明显差异。随着播种量的增加, 单位面积生殖枝数、每生殖枝花序数和每花序结荚数均呈先增大后减小趋势, 且均在 S_4 处理下达到最大, 分别为 177.09、23.35 和 12.56。其中 S_2 处理的单位面积生殖枝数最少, 仅 151.44, 与 S_4 相差 25.65; S_1 处理的每生殖枝花序数最少, 仅 13.88, 较 S_4 低 40.56%; S_1 处理的每花序结荚数最少, 仅 9.40, 与 S_4 相差 3.16 个。就每花序小

花数而言, S_2 、 S_3 、 S_4 和 S_5 处理间无显著差异 ($P > 0.05$), S_1 处理显著低于其他处理 ($P < 0.05$), 其中 S_2 最大, 为 18.18, S_1 最小, 仅为 15.71, 二者相差 2.47。不同处理每荚种子数由高到低排名为 $S_4 > S_5 > S_2 > S_1 > S_3$, S_4 处理下每荚种子数最多, 达 6.16, S_3 处理的最少, 仅 5.45, 较 S_4 低 11.53%。 S_3 和 S_4 处理的千粒重显著大于其他处理 ($P < 0.05$), 分别为 1.87 和 1.88 g, S_1 和 S_5 处理的千粒重相同, 均为 1.80 g, 与 S_3 和 S_4 分别相差 0.07 和 0.08 g。

2.3 不同播种量对紫花苜蓿种子生产性能和收获率的影响

如图 1 所示, 不同播种量紫花苜蓿表现种子产量、实际种子产量和收获率均存在差异。随着播种量的增加, 表现种子产量和实际种子产量均呈先增大后减小趋势, 且均在 S_4 处理下最大, 分别为 5 993.39 和 630.68 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 在 S_1 处理下最小, 分别为 2 138.60 和 455.67 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$, 二者分别相差 3 854.79 和 175.01 $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。收获率由高到低排名顺序为 $S_1 > S_2 > S_5 >$

表 2 不同播种量苜蓿种子产量构成因素的比较
Table 2 Comparison of constituent factors of alfalfa seed yield for different sown amounts

播量 Sowing amount/ ($\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$)	每平方米生殖枝数 Reproductive branches per m^2	每生殖枝花序数 Number of inflorescences per reproductive branch	每花序小花数 Number of small flowers per inflorescence	每花序结荚数 Number of pods per inflorescence	每荚种子数 Seeds per pod	千粒重 Thousand seed weight/g
1.2 (S_1)	161.71 ± 22.62cd	13.88 ± 1.30c	15.71 ± 0.75b	9.40 ± 0.28c	5.64 ± 0.13bc	1.80 ± 0.09b
1.8 (S_2)	151.44 ± 23.77d	20.63 ± 2.54b	18.18 ± 1.39a	10.45 ± 0.33bc	5.86 ± 0.38ab	1.82 ± 0.13b
2.4 (S_3)	173.09 ± 23.24ab	22.31 ± 1.64ab	17.82 ± 1.42a	11.26 ± 0.51b	5.45 ± 0.17c	1.87 ± 0.11a
3.0 (S_4)	177.09 ± 18.69a	23.35 ± 2.65a	17.78 ± 2.39a	12.56 ± 0.28a	6.16 ± 0.43a	1.88 ± 0.14a
3.6 (S_5)	162.76 ± 19.36bc	20.69 ± 2.37b	18.15 ± 1.48a	9.43 ± 0.32c	6.10 ± 0.26a	1.80 ± 0.17b

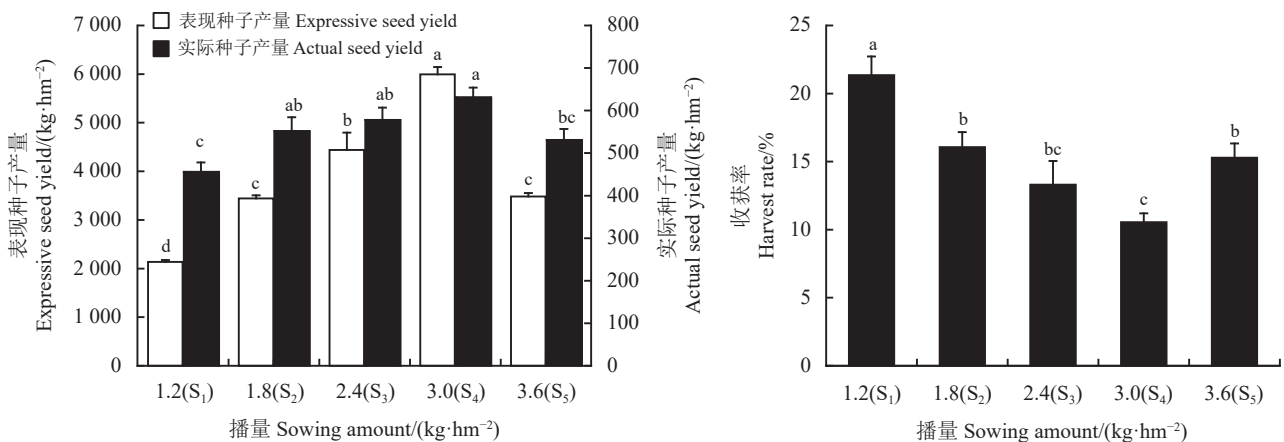


图 1 不同播种量苜蓿种子产量和收获率的比较
Figure 1 Comparison of alfalfa seed yield and harvest rate by different sown amounts

$S_3 > S_4$, 其中 S_1 的收获率最大, 达 21.35%; S_4 收获率最小, 仅 10.55%, 较 S_1 低 50.59%。

2.4 利用主成分分析法对苜蓿各指标综合评价

如图 2 所示, 紫花苜蓿有 17 对指标间呈极显著正相关关系 ($P < 0.01$), 如每生殖枝花序数分别与每花序小花数、表现种子产量、实际种子产量间呈极显著正相关关系, 相关系数分别为 0.94、0.95 和 0.98; 每花序结荚数分别与千粒重、表现种子产量、实际种子产量间均呈极显著正相关关系, 相关系数分别为 0.99、0.96 和 0.93。5 对指标间呈极显著负相关关系 ($P < 0.01$), 如株高和每荚种子数, 相关系数为 -0.82; 一级分枝数和每生殖枝花序数、每花序小花数、表现种子产量和实际种子产量间均呈极显著负相关关系, 其中与每生殖枝花序数间相关性最强, 相关系数为 -0.97。

对紫花苜蓿 10 个指标进行主成分分析 (表 3), 结果表明, 提取的 3 个主成分方差贡献率分别为 60.183%、19.099% 和 13.462%, 累积贡献率为 92.744%, 可解释所有数据 92.744% 的信息。第 I 主成分特征值为 6.018, 每生殖枝花序数、表现种子产量和实际种子产量在此成分中载荷绝对值较高, 其特征向量所凝聚的主要是苜蓿的种子产量, 可解析为种子产量因子。第 II 主成分特征值为 1.910, 此成分中每荚

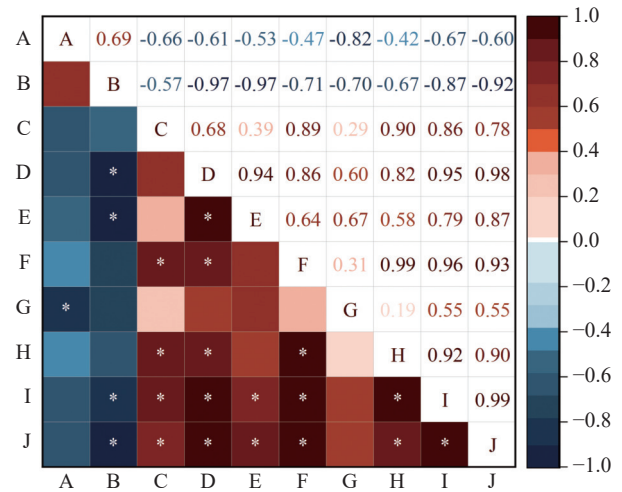


图 2 苜蓿 10 个指标间的相关系数

Figure 2 Correlation coefficient between 10 alfalfa indicators

A, 株高; B, 一级分枝数; C, 单位面积生殖枝; D, 每生殖枝花序数; E, 每花序小花数; F, 每花序结荚数; G, 每荚种子数; H, 千粒重; I, 表现种子产量; J, 实际种子产量。

A, plant height; B, number of primary branches; C, reproductive branches per unit area; D, number of inflorescences per reproductive branch; E, number of small flowers per inflorescence; F, number of inflorescence pods; G, number of seeds per pod; H, 1,000 grain weight; I, performance seed yield; J, actual seed yield.

种子数载荷绝对值最高, 可解析为种子数量因子。第 III 主成分特征值为 1.346, 载荷绝对值最高的是株高, 可解析为生长因子。

表 3 各因子特征值和累计贡献率

Table 3 Characteristic values and cumulative contribution rates of each factor

指标 Index	I	II	III
株高 Plant height	-0.277	0.525	0.781
一级分枝数 Number of primary branches	-0.735	0.546	-0.139
单位面积生殖枝 Reproductive branch per unit area	0.673	0.388	-0.591
每生殖枝花序数 Number of inflorescences per reproductive branch	0.954	-0.165	0.233
每花序小花数 Number of florets per inflorescence	0.713	-0.514	0.466
每花序结荚数 Pods per inflorescence	0.864	0.452	0.022
每荚种子数 Seeds per pod	0.389	-0.618	-0.267
千粒重 Thousand kernel weight	0.846	0.530	0.003
表现种子产量 Performance seed yield	0.975	0.143	-0.092
实际种子产量 Actual seed yield	0.982	0.073	0.132
特征值 Eigenvalue	6.018	1.910	1.346
方差贡献值 Variance contribution rate/%	60.183	19.099	13.462
累积贡献值 Cumulative contribution rate/%	60.183	79.282	92.744

根据王斌等^[14]的方法,将原始数据标准化后导入 SPSS 代入模型,可得出公因子 Y_1 、 Y_2 和 Y_3 , 带入 $Y = (60.183Y_1 + 19.099Y_2 + 13.462Y_3)/92.744$ 计算,得出 5 个处理的综合得分,最高得分 1.440。排名由高到低依次为 $S_4 > S_3 > S_2 > S_5 > S_1$ (表 4)。

表 4 不同处理公因子值及综合排名
Table 4 Different processing common factor values and comprehensive rankings

播量 Sowing amount/(kg·hm ⁻²)	Y_1	Y_2	Y_3	Y	排名 Ranking
1.2 (S ₁)	-2.242	0.970	-0.826	-1.370	5
1.8 (S ₂)	-0.479	-0.329	1.872	-0.110	3
2.4 (S ₃)	0.975	1.069	0.392	0.910	2
3.0 (S ₄)	2.228	0.556	-0.801	1.440	1
3.6 (S ₅)	0.135	-2.265	-0.637	-0.470	4

3 讨论

紫花苜蓿植株高度、分枝数和茎节数是影响其种子产量的主要因素,而适宜播种量可构建合理群体结构,协调个体生长发育,是植物种子高产的基础^[15]。本研究表明,随紫花苜蓿播种量的增加,株高呈先升高后降低趋势,原因可能是在适宜播种量下,紫花苜蓿个体之间为获取光照等资源,促进了植株高度的增加。此外,本研究中一级分枝数随播种量的增加呈减少趋势,主要是因为播种量增大能增加紫花苜蓿单位面积植株数量,填补了紫花苜蓿分枝空间,但是当播种量超过一定限度,单位面积植株数量过大,群体通风透光性变差,影响紫花苜蓿正常光合作用,为了能够正常生长发育,紫花苜蓿产生自疏现象^[16],进而导致一级分枝数减少。

在豆科牧草种子生产中,播种量通过对单位面积生殖枝数、每生殖枝花序数、每花序小花数、每花序结荚数、每荚种子数、千粒重等指标来影响种子产量。合理的种植密度是紫花苜蓿种子高产的前提,而播种量是调控植株密度的主要方式,但国内外学者对播种量影响紫花苜蓿产量构成因素的研究结果差异较大。例如,Askarian 等^[8]研究证明在播种量为 1.0 kg·hm⁻² 时,单位面积内的花序数、结荚数及种子产量达到最大。马克成和王秉龙^[7]认为在播种量为 7.5 kg·hm⁻² 下单株结荚数最多。而本研究发现播种量为 3.0 kg·hm⁻² 时,单位面积生殖枝

数、每生殖枝花序数、每花序结荚数、每荚种子数和千粒重最多,与前人研究结果有差异,原因可能是不同区域紫花苜蓿的适宜播种量还受土壤、气候、品种等因子的影响^[17]。

适宜的播种量能够促使作物个体协调发展,提高群体经济产量。研究表明,在不同播种量下,苜蓿生长具有不同的株间竞争强度,其生长过程中地上和地下器官通过对资源的竞争,最终影响植株种子产量^[18]。有研究证明了紫花苜蓿播种量为 1.0 kg·hm⁻² 时种子产量最高^[9]。本研究发现,表现种子产量和实际种子产量随着播种量的增加均呈先增大后减小趋势,且在 S₄ 处理下达到最大,分别为 5 993.39 和 630.68 kg·hm⁻²,与李拥军和闵继淳^[10]的研究结果相似,与马克成和王秉龙^[7]研究结果有差异,原因可能是不同区域水热、气候等条件存在差异,不同区域适宜播种量也不同,适宜播种量可以充分利用光、热、水、肥等环境资源,利于调节植株产量等构成因素,提高种子产量。当播种量过大,种植密度增加,植物群体扩增,株间对生长空间、环境等资源竞争激烈,导致资源分配不均,落花、落荚严重,结荚率低,种子产量下降;反之,密度过疏,植株间竞争变弱,群体光合效率降低,造成光照等资源的浪费,单位面积的有效花序数和荚果数量少,最终会影响种子产量降低^[19-20]。

近年来,国内外学者对紫花苜蓿种子产量与其构成因素的相关性进行了大量研究,例如,王敬龙等^[21]研究证明了有效分枝数与其他种子产量构成因素负相关,花序数对种子产量的贡献最大,结荚数次之。但孟季蒙等^[22]研究表明分枝数、小花数和结荚数与种子产量均正相关。而余玲等^[23]研究发现种子构成因素的相关性强弱顺序依次为单位面积生殖枝数 > 每花序结荚数 > 每荚种子数。李世雄等^[20]也研究得出种子产量与每生殖枝花序数、每花序小花数、每荚种子数均有不同程度正相关。还有学者研究表明每生殖枝花序数与种子产量正相关^[24-25]。本研究发现,每生殖枝花序数与每花序小花数、表现种子产量和实际种子产量间均极显著正相关,每花序结荚数与千粒重、表现种子产量和实际种子产量间均极显著正相关,与前人研究结果相似,说明当产量构成因素达到最佳的生物量分配比例时,种子产量才会达到最高。而这一分配比例

因栽培条件、管理方式以及气候条件而异^[26]。

4 结论

研究表明,株高在播种量为 $1.8 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时最高。单位面积生殖枝数、每生殖枝花序数、每花

序结荚数、每荚种子数、千粒重、表现种子产量和实际种子产量在播种量为 $3.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时最高。对各项指标数据取其平均值,主成分分析显示,紫花苜蓿播种量在 $3.0 \text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ 时种子产量最高,是该地区紫花苜蓿种子田最佳播种量配置。

参考文献 References:

- [1] 黄正仙, 瞿桂鑫, 殷长生, 钱庆云. 云南省种子检验体系建设的探索与思考. *中国种业*, 2019(5): 38-40.
HUANG Z X, QU G X, YIN C S, QIAN Q Y. Exploration and consideration on the construction of seed inspection system in Yunnan province. *China Seed Industry*, 2019(5): 38-40.
- [2] 孙启忠, 柳茜, 李峰, 陶雅, 徐丽君. 我国古代苜蓿物种考述. *草业学报*, 2018, 27(8): 155-174.
SUN Q Z, LIU Q, LI F, TAO Y, XU L J. Alfalfa species in ancient China. *Acta Prataculturae Sinica*, 2018, 27(8): 155-174.
- [3] 陈冬冬. 灌溉次数和磷酸二铵施量对甘肃引黄灌区紫花苜蓿种子生产的影响. 兰州: 兰州大学硕士学位论文, 2016.
CHEN D D. Effects of irrigation frequency and application of phosphate diamine on alfalfa seed production in the Yellow River irrigated region. Master Thesis. Lanzhou: Lanzhou University, 2016.
- [4] 唐振华, 张静, 贾志宽. 宁夏南部旱区农业水资源开发与可持续利用. *中国农学通报*, 2003, 19(4): 189-194.
TANG Z H, ZHANG J, JIA Z K. Sustainable using for agriculture water resources in the dry land south of Ningxia. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2003, 19(4): 189-194.
- [5] 王斌, 杨雨琦, 李满有, 倪旺, 海艺蕊, 张顺香, 董秀, 兰剑. 不同播种量下行距配置对紫花苜蓿产量及品质的影响. *草业学报*, 2022, 31(2): 147-158.
WANG B, YANG Y Q, LI M Y, NI W, HAI Y R, ZHANG S X, DONG X, LAN J. The effect of sowing rate and row spacing on the yield and quality of alfalfa in the Ningxia Yellow River irrigation area. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(2): 147-158.
- [6] 海涛, 迟文峰, 王厚彬. 行距播种量施肥灌水对紫花苜蓿种子产量的影响. *当代畜牧*, 2009(5): 45-46.
HAI T, CHI W F, WANG H B. Effects of row spacing seeding rate, fertilization and irrigation on seed yield of alfalfa. *Contemporary Animal Husbandry*, 2009(5): 45-46.
- [7] 马克成, 王秉龙. 不同行距及播量对紫花苜蓿种子产量和质量的影响. *陕西农业科学*, 2014, 60(8): 6-8.
MA K C, WANG B L. Effects of different row spacing and sowing rate on seed yield and quality of alfalfa. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences*, 2014, 60(8): 6-8.
- [8] ASKARIAN M, HAMPTON J G, HILL M J. Effect of row spacing and sowing rate on seed production of lucerne (*Medicago sativa* L.) cv. Grasslands Oranga. *New Zealand Journal of Agriculture Research*, 2010, 38(3): 289-295.
- [9] ABU-SHAKRA S, AKHATAR M, BRAY D W. Influence of irrigation interval and plant density on alfalfa seed production. *Agronomy Journal*, 1969, 61(4): 569-571.
- [10] 李拥军, 闵继淳. 灌水次数、播种密度对留种紫花苜蓿生长发育和种子产量的影响. *草业学报*, 1998, 7(3): 29-33.
LI Y J, MIN J C. The effects of irrigation times and sowing density on the growth and seed production of alfalfa. *Acta Prataculturae Sinica*, 1998, 7(3): 29-33.
- [11] 吕会刚, 康俊梅, 龙瑞才, 徐化凌, 陈小芳, 杨青川, 张铁军. 播种量和行距配置对盐碱地紫花苜蓿草产量及品质的影响. *草业学报*, 2019, 28(3): 164-174.
LYU H G, KANG J M, LONG R C, XU H L, CHEN X F, YANG Q C, ZHANG T J. Effects of seeding rate and row spacing on the hay yield and quality of alfalfa in saline-alkali land. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(3): 164-174.
- [12] 刘东霞, 刘贵河, 杨志敏. 种植及收获因子对紫花苜蓿干草产量和茎叶比的影响. *草业学报*, 2015, 24(3): 48-57.
LIU D X, LIU G H, YANG Z M. The effects of planting and harvesting factors on hay yield and stem-leaf ratio of *Medicago sativa*. *Acta Prataculturae Sinica*, 2015, 24(3): 48-57.
- [13] 李小云, 余淑艳, 黄薇, 王星, 高雪芹, 彭文栋, 伏兵哲. 覆膜对宁夏干旱区苜蓿种子产量及构成因素的影响. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2022, 50(2): 67-74.

- LI X Y, YU S Y, HUANG W, WANG X, GAO X Q, PENG W D, FU B Z. Effect of film mulching on alfalfa seed yield and components in arid area of Ningxia. *Journal of Northwest A & F University (Natural Science Edition)*, 2022, 50(2): 67-74.
- [14] 王斌, 李满有, 王欣盼, 董秀, 庞军宝, 兰剑. 深松浅旋对半干旱区退化紫花苜蓿人工草地改良效果研究. *草业学报*, 2022, 31(1): 107-117.
- WANG B, LI M Y, WANG X P, DONG X, PANG J B, LAN J. Combined ploughing and tilling to improve degraded alfalfa (*Medicago sativa*) stands in a semi-arid region. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(1): 107-117.
- [15] 王显国, 韩建国, 刘富渊, 仲勇, 鲍青龙. 穴播条件下株行距对紫花苜蓿种子产量和质量的影响. *中国草地学报*, 2006, 28(2): 28-32.
- WANG X G, HAN J G, LIU F Y, ZHONG Y, BAO Q L. Effect of spacing and intra-spacing under hole-seeding conditions on alfalfa seed yield and quality. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(2): 28-32.
- [16] 麦提敏·乃依木, 古丽孜拉·哈不都拉, 王玉祥. 密度对苜蓿种子产量及其构成因子的影响. *中国农学通报*, 2019, 35(19): 41-44.
- Maimaitimin·Naiyimu, Gulizila·Habudoula, WANG Y X. Influence of planting density on alfalfa seed yield and components. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2019, 35(19): 41-44.
- [17] 张荟荟, 张学洲, 张一弓, 梁维维, 兰吉勇, 李学森, 史伟, 热娜. 行距对紫花苜蓿种子产量及其构成因素的影响. *草食家畜*, 2019(3): 46-50.
- ZHANG H H, ZHANG X Z, ZHANG Y G, LIANG W W, LAN J Y, LI X S, SHI W, Rena. Influence of row spacing on seed yield of alfalfa and its components. *Grass-Feeding Livestock*, 2019(3): 46-50.
- [18] 王锋刚, 曾晓东. 植物种群资源竞争与共存的理论模型研究. *气候与环境研究*, 2015, 20(2): 229-234.
- WANG F G, ZENG X D. Theoretical modeling study on resource competition and coexistence within a plant ecosystem. *Climatic and Environmental Research*, 2015, 20(2): 229-234.
- [19] 田宏, 刘洋, 张鹤山, 蔡化, 熊军波. 行距和播量对江夏扁穗麦鲜草和种子产量的影响. *中国草地学报*, 2015, 37(4): 108-113.
- TIAN H, LIU Y, ZHANG H S, CAI H, XIONG J B. Effects of row space and seeding rate on yields of fresh forage and seeds of *Bromus cartharticus* cv. Jiangxia. *Chinese Journal of Grassland*, 2015, 37(4): 108-113.
- [20] 李世雄, 王彦荣, 孙建华. 中国苜蓿品种种子产量性状的遗传多样性. *草业学报*, 2003, 12(1): 23-29.
- LI S X, WANG Y R, SUN J H. Genetic diversity of seed yield characteristics in Chinese alfalfa (*Medicago sativa*) varieties. *Acta Prataculturae Sinica*, 2003, 12(1): 23-29.
- [21] 王敬龙, 曹致中, 杜文华, 曾钰婷. 不同行距处理对紫花苜蓿种子产量的影响. *草原与草坪*, 2006(6): 49-51.
- WANG J L, CAO Z Z, DU W H, ZENG Y T. Influence of different row spacing on seed yield of alfalfa. *Grassland and Turf*, 2006(6): 49-51.
- [22] 孟季蒙, 李卫军, 陈金炜, 王玉祥. 地下滴灌不同水量与播种方式下苜蓿种子产量构成因素的相关性分析. *新疆农业科学*, 2010, 47(6): 1252-1256.
- MEN J M, LI W J, CHEN J W, WANG Y X. Effect of subsurface drip irrigation on the yield and components of alfalfa seeds. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 2010, 47(6): 1252-1256.
- [23] 余玲, 王彦荣, 毛玉林, 侯扶江. 黄土高原地形对苜蓿种子产量和质量的影响. *草业学报*, 2002, 11(4): 62-67.
- YU L, WANG Y R, MAO Y L, HOU F J. Effect of topography on seed yield and quality of alfalfa grown in the Loess Plateau. *Acta Prataculturae Sinica*, 2002, 11(4): 62-67.
- [24] FISHER E H, BERGER K C. Alfalfa seed production as influenced by insecticide and fertilizer application. *Journal of Economic Entomology*, 1951, 44(1): 113-114.
- [25] 周刊社, 刘依兰, 王彦荣. 苜蓿种子产量及其构成因素的多样性研究. *分子植物育种*, 2009, 7(1): 95-104.
- ZHOU K S, LIU Y L, WANG Y R. Diversity of seed yield and its components in alfalfa varieties. *Molecular Plant Breeding*, 2009, 7(1): 95-104.
- [26] 古琛, 刘佳月, 杜宇凡, 陈万杰, 赵萌莉. 播量对黄花苜蓿草产量与种子生产的影响. *中国草地学报*, 2016, 38(2): 86-91.
- GU C, LIU J Y, DU Y F, CHEN W J, ZHAO M L. Effect of seeding rates on forage yields and seed productions of *Medicago falcata*. *Chinese Journal of Grassland*, 2016, 38(2): 86-91.

(责任编辑 王芳)