

## 播量和行距对箭筈豌豆农艺结实性状及产量的影响

郑春风<sup>1</sup>, 刘春增<sup>1\*</sup>, 张济世<sup>1</sup>, 吕玉虎<sup>2</sup>, 史鹏飞<sup>2</sup>, 聂良鹏<sup>2</sup>, 曹卫东<sup>3\*</sup>

(1. 河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所, 河南 郑州 450002; 2. 信阳市农业科学院, 河南 信阳 464000; 3. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081)

**摘要:** 为了探讨豫南本地箭筈豌豆条播种植适宜播量和行距, 采用双因素试验设计, 分别设 3 个播量水平和 4 个行距水平, 研究不同播量和行距配置对箭筈豌豆生长发育、鲜草、秸秆及种子产量结实的影响, 为完善箭筈豌豆实际生产中的高产栽培技术提供科学理论指导。结果显示, 播量一定时, 株高、单株鲜干重随行距的增加呈现先增加后减少趋势, 且在行距 30、40 cm 时获得最大值; 茎粗和分枝数随行距的增加呈逐渐减少趋势, 均在行距 20 cm 时获得最大值。行距一定时, 株高、SPAD 值随播量的增加呈逐渐增加趋势; 茎粗、分枝数随播量的增加呈逐渐减少趋势。筛选出结实性播量行距最佳配置为: 播量 18.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm, 播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 和播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm。不同播量和行距处理下箭筈豌豆种子、鲜草和秸秆产量差异显著 ( $P < 0.05$ )。种子产量以播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 最高, 达 3753 kg/hm<sup>2</sup>; 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm 和播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 次之, 产量分别达 3468 和 3436 kg/hm<sup>2</sup>。鲜草和秸秆产量均以播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 20 cm 最高, 达 35910 和 16878 kg/hm<sup>2</sup>; 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 和播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm 次之, 产量分别达 26761 和 13052、23662 和 12127 kg/hm<sup>2</sup>。综上, 以收获鲜草和秸秆产量为目的, 优选播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 20 cm 组合配置; 收获种子产量优选播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 30 cm 组合配置。

**关键词:** 箭筈豌豆; 播量; 行距; 农艺性状; 结实性状; 产量

箭筈豌豆 (*Vicia sativa*) 属于一年生或越年生叶卷须半攀援性豆科草本植物, 为中国传统的农业种植绿肥作物之一, 具有改善土壤理化性状、增加土壤微生物数量和多样性及提高土壤肥力的作用<sup>[1]</sup>。豫南稻区主要种植模式是水稻—小麦、水稻—油菜。然而, 随着农村劳动力转移以及部分地区冬种小麦或油菜产量不高、效益较低等原因, 出现了水稻收获后土地闲置的情况, 冬闲田不仅浪费大量的光热资源, 也不符合现代农业对农田质量及农业环境的要求。再者, 豫南稻区水稻生产化肥投入量大、有机肥投入比例偏低, 农田养分再循环利用率低, 过于注重短期利益而轻视土壤培肥, 导致

土壤质量退化, 以上问题已成为豫南稻区水稻生产的主要制约因素并日趋严重<sup>[2-5]</sup>。种植、利用绿肥作物箭筈豌豆, 恰好是一项保护农田生态环境和减量施用化肥的技术措施<sup>[1, 6]</sup>。冬闲田为箭筈豌豆在豫南稻区的发展提供了种植空间, 箭筈豌豆作为一种重要的绿肥作物, 适应能力强, 产草和产种量高, 利用箭筈豌豆作为冬季稻田肥料, 能改良土壤、提高土壤肥力, 箭筈豌豆种子生产能够增加土地经济效益, 对农业生产可持续发展具有重要意义<sup>[4, 7-9]</sup>。

合理的种植密度和行距配置是提升作物产量的重要栽培措施<sup>[10]</sup>。Boroomandan 等<sup>[11]</sup>研究发现窄行密植栽培技术可以提高大豆产量。盖志佳等<sup>[12]</sup>研究表明, 大豆窄行密植栽培模式与其他栽培模式相比, 产量可提高 26.18%。刘凯强等<sup>[13]</sup>研究指出, 青海省“燕青 1 号”条播方式下以播量 225 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 20 cm 配置种子产量最高, 播量 270 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 15 cm 配置秸秆产量最高。施建军等<sup>[14]</sup>研究表明, 青南地区燕麦品种“青海 444”以播量 225 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 10 ~ 20 cm 最适。在绿肥鲜草和种子生产过程中, 合理的群体密度和空

收稿日期: 2023-07-19; 录用日期: 2023-09-01

基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFD1700200); 河南省农业科学院自主创新基金项目 (2023ZC039); 河南省农业科学院科技创新团队 (2023TD24); 财政部和农业农村部: 国家现代农业产业技术体系 (CARS-22); 河南省中央引导地方科技发展资金 (Z20221341071)。

作者简介: 郑春风 (1988-), 助理研究员, 博士, 主要从事作物栽培调控及生理生化研究。E-mail: cfzheng666@126.com。

通讯作者: 刘春增, E-mail: liucz321@aliyun.com; 曹卫东, E-mail: caoweidong@caas.cn。

间结构不仅能提高鲜草产量<sup>[15]</sup>,还能有效提高种子产量<sup>[16-17]</sup>,减少营养枝与生殖枝间的营养竞争<sup>[15]</sup>,解决豌豆类绿肥倒伏落粒等问题<sup>[18-19]</sup>。王雁丽等<sup>[16]</sup>研究发现,较小的行距会导致箭筈豌豆植株个体竞争加剧,营养生长投入过多的资源,植株高度增加,种子产量下降,然而,高播量、窄行距有利于获得较高的鲜草产量。豫南本地箭筈豌豆品种根系发达,适应能力强,产草和产种量高,已经成为本地推广的主要品种,但关于该品种大田生产过程中配套高产栽培还未见相关报道,存在撒播播种由于无覆土镇压出苗效果差(实际生产上尽可能避免撒播)、条播播种播量过大或过小和行距配置不合理导致产量低等问题,亟待明确条播播种方式下鲜草、秸秆和种子生产的最佳播量和行距,为当地箭筈豌豆高产栽培及该品种在河南省绿肥产业化生产提供理论和技术依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料与设计

本研究于2021—2023年在河南省信阳市洋河试验基地(32° 14' N, 114° 10' E)进行田间试验。该地区属亚热带向暖温带过渡区,年均日照1900~2100 h;年均气温15.1~15.3℃;年平均降水量900~1400 mm;相对湿度年均77%。供试土壤为黄棕壤性潜育型水稻土,0~20 cm土层有机质含量为17.1 g/kg,全氮为1.3 g/kg,碱解氮为55.4 mg/kg,有效磷为12.5 mg/kg,速效钾为75.2 mg/kg,pH为6.5。试验材料选用当地箭筈豌豆品种。采用播量和行距双因素随机区组设计,设3个播量水平: $S_1$ (18.75 kg/hm<sup>2</sup>)、 $S_2$ (26.25 kg/hm<sup>2</sup>)和 $S_3$ (33.75 kg/hm<sup>2</sup>),4个行距水平: $R_1$ (20 cm)、 $R_2$ (30 cm)、 $R_3$ (40 cm)和 $R_4$ (50 cm),共12个处理组合,4次重复,随机区组排列,小区面积4 m×5 m。两年试验材料均于10月8日播种,播前底施过磷酸钙(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 12%) 375 kg/hm<sup>2</sup>、氯化钾(K<sub>2</sub>O 60%) 50 kg/hm<sup>2</sup>。采用人工开沟播种,播深3~4 cm。试验田栽培管理同一般高产田。

### 1.2 测定内容与方法

盛花期,每个小区随机取生长均匀一致植株5~10株,调查记载主茎花数,测定株高、茎粗、小叶数、单株分枝数、单株重、中层叶片叶绿素含量(SPAD值)。成熟期,随机选取10株调查其结实性相关指标,包括主茎结荚数[结实荚数、不孕

荚数(瘪荚)]、籽粒数、粒重、主茎节数、始荚高度、始荚节数、结荚节数、单株分枝数。根据考种结果计算结荚率、荚果结实率。

$$\text{结荚率}(\%) = \frac{\text{成熟期结荚总数}}{\text{盛花期总开花数}} \times 100$$

$$\text{荚果结实率}(\%) = \frac{\text{结实荚数}}{\text{结荚总数}} \times 100$$

鲜草产量:盛花期每小区选取1 m<sup>2</sup>样段,测定鲜草产量,每个处理3次重复。

种子和秸秆产量:成熟期每小区选取1 m<sup>2</sup>样段,摘取荚果自然风干脱壳,测定种子产量,刈割地上秸秆称其干重,测定秸秆产量,每处理3次重复。

### 1.3 数据分析

采用Excel 2003对两年数据进行处理分析,采用两年数据平均值进行制表绘图。采用PASW 18.0进行方差分析和统计检验,采用LSD法进行差异显著性检验( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同播量和行距对箭筈豌豆盛花期农艺性状的影响

由表1可看出,播量一定时,株高随行距的增加呈先增加后降低趋势,在行距30、40 cm时获得最大值,且显著高于其他行距处理;行距一定时,株高随播量的增加呈逐渐增加趋势,播量33.75 kg/hm<sup>2</sup>时,株高显著高于其他播量处理。播量不变,茎粗随行距增大逐渐减小,行距20 cm时获得最大值;行距不变,茎粗随播量增大逐渐减小,播量18.75 kg/hm<sup>2</sup>时获得最大值。播量一定时,分枝数随行距的增大呈逐渐减少趋势,行距20 cm时,分枝数获得最大值;行距一定时,分枝数随播量的增加呈逐渐减少趋势,播量18.75 kg/hm<sup>2</sup>时,分枝数最多。播量不变,单株鲜、干重随行距的增大呈先增加后减少趋势;在行距20、50 cm时,单株鲜、干重随播量的增加逐渐减少,在行距30、40 cm时,单株鲜、干重随播量增加呈现先增加后减少趋势,且在26.25 kg/hm<sup>2</sup>时获得最大值,说明,行距过窄和过宽,播量越大,单株重越小,适宜播量和行距配置,有利于单株重形成。播量18.75 kg/hm<sup>2</sup>时,SPAD值随行距增加呈逐渐增加趋势,播量26.25和33.75 kg/hm<sup>2</sup>时,SPAD值随行距的增加呈先增加后减少趋势,且分别在行距30、40 cm时获得最大值;行距一定时,SPAD值随播量的增加呈逐渐增加趋势。

表 1 不同播量和行距对箭筈豌豆盛花期农艺性状的影响

播量 (kg/hm <sup>2</sup> )	行距 (cm)	株高 (cm)	茎粗 (mm)	分枝数 (个)	SPAD 值	单株鲜重 (g)	单株干重 (g)
18.75	20	61.35 ± 4.81b	4.22 ± 0.11a	5.01 ± 0.71a	38.25 ± 0.37b	40.86 ± 7.77a	7.77 ± 1.60ab
	30	70.60 ± 2.70a	3.99 ± 0.24ab	5.01 ± 0.66a	38.70 ± 0.28b	43.41 ± 8.09a	9.65 ± 1.55a
	40	71.60 ± 3.12a	3.77 ± 0.21b	4.50 ± 0.57ab	39.01 ± 0.30a	28.13 ± 7.65b	6.73 ± 1.46ab
	50	65.20 ± 3.60b	3.70 ± 0.18b	3.52 ± 0.64b	39.04 ± 0.41a	26.66 ± 6.87b	5.91 ± 1.64b
26.25	20	63.50 ± 5.01b	4.22 ± 0.18a	4.52 ± 0.77a	39.05 ± 0.33b	27.41 ± 8.12b	6.97 ± 1.45ab
	30	71.40 ± 4.51a	3.98 ± 0.20ab	4.03 ± 0.80ab	41.25 ± 0.44a	49.89 ± 8.59a	10.20 ± 1.53a
	40	72.05 ± 3.90a	3.71 ± 0.15b	4.01 ± 0.72ab	40.25 ± 0.22a	43.49 ± 8.04a	9.78 ± 1.66a
	50	65.25 ± 4.42b	3.52 ± 0.26b	3.50 ± 0.68b	39.55 ± 0.30b	24.03 ± 7.98b	5.64 ± 1.38b
33.75	20	65.50 ± 3.40b	4.04 ± 0.22a	4.51 ± 0.58a	39.65 ± 0.35b	23.04 ± 7.45b	6.63 ± 1.71b
	30	72.45 ± 4.11a	3.75 ± 0.29b	4.02 ± 0.61ab	41.80 ± 0.28a	42.33 ± 7.66a	9.12 ± 1.37a
	40	72.85 ± 5.22a	3.59 ± 0.17b	4.01 ± 0.55ab	41.96 ± 0.30a	42.70 ± 8.34a	9.41 ± 1.44a
	50	68.95 ± 4.63b	2.79 ± 0.22c	3.05 ± 0.77b	39.85 ± 0.41b	22.71 ± 6.98b	5.29 ± 1.63b

注：同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著 ( $P < 0.05$ )。下同。

## 2.2 不同播量和行距对箭筈豌豆结实相关性状的影响

由表 2 可看出，成熟期箭筈豌豆始荚高度为 35 ~ 60 cm，占主茎长的 40% ~ 50%，结荚总节长为 30 ~ 50 cm，占主茎长的 35% ~ 40%。比较不同处理

发现，播量在 26.25 和 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时，行距 30 和 40 cm 的主茎长、结荚总节长均显著高于其他行距处理，始荚高度却显著低于其他行距处理。播量在 18.75 kg/hm<sup>2</sup> 时，行距 30 cm 的主茎长、结荚总节长高于其他行距处理，始荚高度低于其他行距处理。

表 2 不同播量和行距对箭筈豌豆结实相关性状的影响

播量 (kg/hm <sup>2</sup> )	行距 (cm)	主茎长 (cm)	始荚高度 (cm)	结荚总节长 (cm)	主茎总节数 (个)	始荚节数 (个)	结荚总节数 (个)	花数 (个)	结荚数 (个)	籽粒数 (个)	结荚率 (%)	荚果结实率 (%)
18.75	20	86.9 ± 5.3b	40.8 ± 6.9ab	36.8 ± 6.8ab	20.0 ± 2.1ab	12.0 ± 1.6a	7.0 ± 1.9ab	17.0 ± 3.6b	8.0 ± 1.8ab	31.8 ± 10.5b	47.10 ± 0.02a	99.30 ± 0.01b
	30	98.2 ± 3.4a	37.9 ± 5.5b	40.9 ± 5.0a	22.0 ± 1.2a	8.0 ± 0.9c	8.0 ± 0.8a	19.0 ± 2.2a	9.0 ± 2.1a	38.2 ± 9.4a	47.40 ± 0.07a	99.90 ± 0.03a
	40	90.6 ± 4.1ab	45.6 ± 3.2a	31.2 ± 4.1b	19.0 ± 1.3b	10.0 ± 1.2b	7.0 ± 1.0ab	15.0 ± 3.0c	7.0 ± 1.5b	24.8 ± 6.4c	46.70 ± 0.01b	98.60 ± 0.03c
	50	85.1 ± 5.0b	47.5 ± 6.0a	30.1 ± 5.6b	19.0 ± 2.7b	12.0 ± 1.0a	5.0 ± 0.6b	16.0 ± 2.7cb	7.0 ± 1.4b	22.8 ± 5.5c	43.80 ± 0.04c	98.00 ± 0.01c
26.25	20	94.7 ± 3.6b	48.8 ± 5.2a	35.1 ± 4.2c	20.0 ± 1.9b	10.0 ± 0.8a	5.0 ± 0.7c	18.0 ± 2.8c	8.0 ± 0.3c	27.4 ± 6.4c	44.40 ± 0.08c	97.50 ± 0.01c
	30	101.9 ± 2.8a	35.0 ± 3.1b	52.6 ± 6.1a	25.0 ± 2.5a	8.0 ± 1.4b	10.0 ± 1.2a	26.0 ± 3.1a	12.0 ± 2.2a	57.9 ± 12.8a	46.20 ± 0.04a	99.90 ± 0.03a
	40	99.7 ± 2.2a	38.0 ± 3.6b	43.9 ± 5.5b	22.0 ± 1.6ab	8.0 ± 1.3b	9.0 ± 1.4ab	20.0 ± 2.7b	9.0 ± 1.4b	43.1 ± 10.4b	45.00 ± 0.02b	99.30 ± 0.03b
	50	94.1 ± 5.6b	44.7 ± 4.5a	37.1 ± 2.9c	21.0 ± 2.2b	9.0 ± 2.2ab	7.0 ± 0.9b	20.0 ± 1.9b	9.0 ± 0.9b	36.2 ± 8.8bc	45.00 ± 0.03b	99.10 ± 0.05b
33.75	20	95.0 ± 4.4b	59.5 ± 6.6a	30.3 ± 3.0b	18.0 ± 1.2b	12.0 ± 2.4a	4.0 ± 0.2c	18.0 ± 2.2b	7.0 ± 0.6b	25.9 ± 5.4c	38.90 ± 0.01c	96.50 ± 0.04c
	30	102.4 ± 2.9a	42.5 ± 5.8b	44.7 ± 4.6a	21.0 ± 2.3ab	10.0 ± 1.4b	9.0 ± 0.6ab	24.0 ± 2.7a	11.0 ± 1.1a	47.9 ± 13.5a	45.80 ± 0.08b	99.80 ± 0.02a
	40	104.8 ± 3.3a	40.6 ± 5.4b	45.7 ± 4.4a	24.0 ± 1.7a	8.0 ± 0.9c	10.0 ± 1.4a	25.0 ± 3.1a	12.0 ± 1.3a	41.5 ± 14.4b	48.00 ± 0.07a	99.90 ± 0.01a
	50	96.0 ± 5.4b	52.2 ± 4.7a	39.2 ± 2.7ab	19.0 ± 2.5b	10.0 ± 1.7b	8.0 ± 1.3b	22.0 ± 2.7ab	10.0 ± 2.2ab	35.1 ± 8.7bc	45.50 ± 0.02b	99.20 ± 0.01b

主茎总节数为 18 ~ 25 节，一般从第 8 ~ 12 节开始结荚，始荚位置主要集中在第 8、10 和 12 节，结荚节数为 4 ~ 10 节，占主茎总节数的 20% ~ 40%。播量在 18.75 和 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时，行距 30 cm 的主茎总节数、结荚总节数高于其他行距

处理，始荚节数低于其他行距处理。播量在 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时，行距 40 cm 的主茎总节数、结荚总节数高于其他行距处理，始荚节数显著低于其他行距处理。

主茎花数为 15 ~ 26 朵，结荚数为 7 ~ 12 个，

籽粒数约 25 ~ 60 个, 结荚率为 38% ~ 48%, 荚果结实率达到 95% 以上。播量在 18.75 和 26.25 kg/hm<sup>2</sup> 时, 行距 30 cm 的花数、结荚数和籽粒数显著高于其他行距处理。播量在 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 行距 30 和 40 cm 的花数、结荚数和籽粒数显著高于其他行距处理。播量在 18.75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 各行距处理的结荚率和荚果结实率呈现 R<sub>2</sub>>R<sub>1</sub>>R<sub>3</sub>>R<sub>4</sub> 趋势, 行距 30 cm 的荚果结实率显著高于其他行距处理。播量在 26.25 kg/hm<sup>2</sup> 时, 各行距处理的结荚率和荚果结实率呈现 R<sub>2</sub>>R<sub>3</sub>>R<sub>4</sub>>R<sub>1</sub> 趋势, 行距 30 cm 的结荚率和荚果结实率均显著高于其他行距处理。播量在 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 各行距处理的结荚率和荚果结实率呈现 R<sub>3</sub>>R<sub>2</sub>>R<sub>4</sub>>R<sub>1</sub> 趋势, 行距 40 cm 的结荚率显著高于其他行距处理。

### 2.3 不同播量和行距对箭筈豌豆种子、鲜草和秸秆产量的影响

由图 1 可看出, 播量一定时, 种子产量随行距的增大呈先增加后减少趋势, 鲜草和秸秆产量随行距增加呈递减趋势。播量为 18.75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 行距 30 cm 种子产量最高 (3298 kg/hm<sup>2</sup>); 播量为 26.25 kg/hm<sup>2</sup> 时, 行距 30 cm 种子产量最高 (3753 kg/hm<sup>2</sup>); 播量为 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 时, 行距 40 cm 种子产量最高 (3468 kg/hm<sup>2</sup>); 鲜草和秸秆产量在行距 20 cm 水平下获得最优产量。行距一定时, 鲜草和秸秆产量随播量增加逐渐增加, 以播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup> 产量最高, 说明高播量、窄行距有利于获得较高的鲜草产量和秸秆产量。行距为 20 cm 时, 种子产量随播量的增加逐渐减少; 行距为 30 ~ 40 cm 时, 种子产量随播量的增加呈先增加后减少趋势; 行距为 50 cm 时, 种子产量随播量的增加逐渐减少。比较不同播量行距配置处理, 筛选出种子产量最佳组合配置: 播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm (3753 kg/hm<sup>2</sup>) > 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm (3468 kg/hm<sup>2</sup>) > 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm (3436 kg/hm<sup>2</sup>); 筛选出鲜草、秸秆产量最佳组合配置: 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 20 cm (鲜草、秸秆产量分别达 35910 和 16878 kg/hm<sup>2</sup>) > 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm (鲜草、秸秆产量分别达 26761 和 13052 kg/hm<sup>2</sup>) > 播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm (鲜草、秸秆产量分别达 23662 和 12127 kg/hm<sup>2</sup>)。

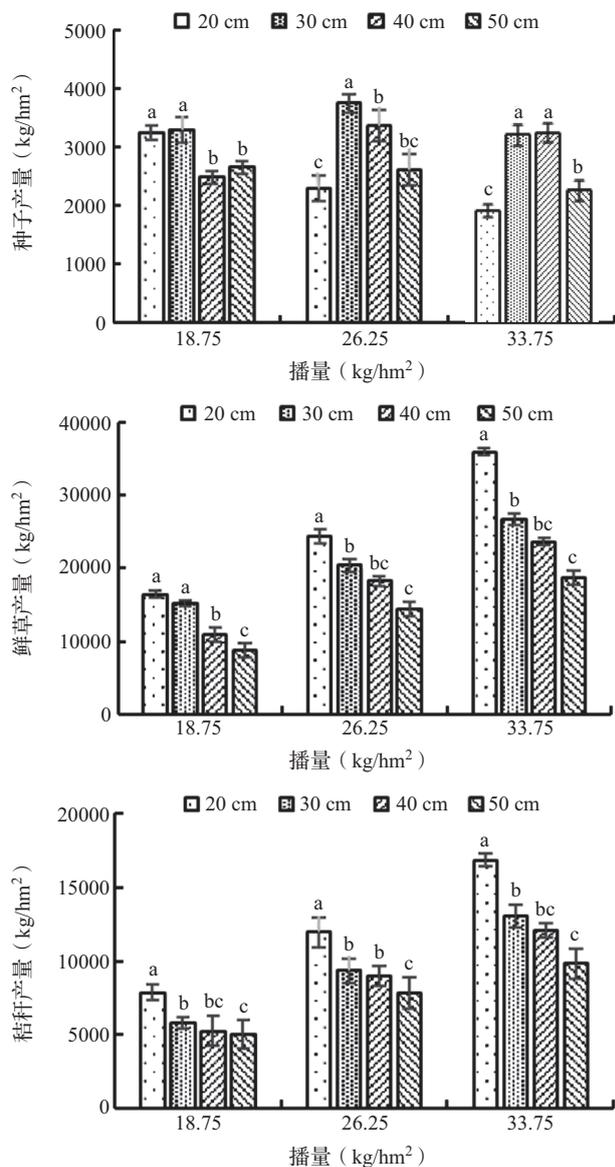


图 1 不同播量和行距对箭筈豌豆种子、鲜草和秸秆产量的影响

注: 柱上不同字母表示处理间差异达 0.05 显著水平。

## 3 讨论

### 3.1 不同播量和行距配置对箭筈豌豆生长发育的影响

前人研究<sup>[10, 20]</sup>提出播量和行距是影响作物群体形成的重要因素, 前者决定作物群体的大小, 后者决定群体的均匀性, 二者与作物的群体结构、光能利用以及干物质积累关系密切。行距是调节群体密度的栽培措施。本研究发现, 播量一定时, 株高和单株鲜、干重随行距的增加呈先增加后降低趋势, 且在行距 30、40 cm 时获得最大值; 茎粗和分

枝数随行距的增加呈逐渐减少趋势,均在行距 20 cm 时获得最大值。行距一定时,株高、SPAD 值随播量的增加呈逐渐增加趋势;茎粗、分枝数随播量的增加呈逐渐减少趋势。总的来说,株高和单株鲜、干重随行距的增大、播量的减小呈逐渐降低趋势,茎粗和分枝数随行距和播量的增大呈逐渐减少趋势。该研究结论与王雁丽等<sup>[16]</sup>、杜文华等<sup>[21]</sup>研究发现随着行距的增大,密度的减小,春箭筈豌豆的株高逐渐下降的结论相一致。可能是因为植株行距小、密度大时,不同个体之间为了获取有限能量(光、水、肥等),竞争加剧,竞争使个体的株高增加,反之,株高降低。根据进化生态学中的最优生活史对策原理,如果生物个体向某一功能分配的有限能量增加,必然造成向其他功能分配量的相应减少。

### 3.2 不同播量和行距配置对箭筈豌豆鲜草、秸秆和种子产量的影响

播量行距配置是作物群体构建的重要因素,是高产栽培的重要调控手段<sup>[22]</sup>。适当的行距配置能够提供作物的抗杂草能力,增加冠层光能截获量,提高作物产量及品质<sup>[23-24]</sup>。合理密植可以增加根群数量,改善冠层结构,提高光能、水分和养分利用效率,是获得作物高产的常用栽培技术<sup>[25]</sup>。但密植后作物个体竞争加剧,不利于个体生长,协调个体-群体生长矛盾是密植作物获得高产的关键<sup>[26]</sup>。Bellaloui 等<sup>[27]</sup> 研究结果表明,密植配置合理的株行距,可协同提高个体-群体生长,提高作物产量和品质。种植密度过大易造成无效分蘖数增加,导致群体植株质量下降,影响最终干物质积累和产量形成,种植密度过小则易造成群体植株数量下降和土壤资源浪费,虽然会保证单株植物发育良好但单位面积植株减小,导致整体种子产量下滑<sup>[28]</sup>。

目前国内外已对传统作物做了大量研究,提出了不同作物种植密度和行距配置比例,如赵竹等<sup>[24]</sup> 对小麦‘皖麦 52’研究得出,在播量  $240 \times 10^4$  株/hm<sup>2</sup> 和行距 20 cm 下可获得最高种子产量,而殷复伟等<sup>[29]</sup> 得出,小麦‘泰山 28’在播量  $225 \times 10^4$  或  $300 \times 10^4$  株/hm<sup>2</sup> 和行距 25 cm 配置可获得较高籽粒产量;Beres 等<sup>[26]</sup> 研究表明,加拿大玉米低播量下窄行距青贮效益最好;Bellaloui 等<sup>[27]</sup> 研究认为,播量和行距会影响大豆的种子成分及品质,但影响程度主要取决于品种和环境因素,可见作物自身的品种差异、地域之间气候

因子均会改变最佳种植密度和行距的配置。本研究通过比较不同播量行距配置处理发现,箭筈豌豆种子产量随着播量和行距的增加呈先增加后降低的趋势,在播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup> 和行距 30 cm 配置时,种子产量显著高于其他播量行距配置处理,达 3753 kg/hm<sup>2</sup>,说明适当增加播量和行距可以提高箭筈豌豆种子产量,但播量过大或过小、行距过宽或过窄均会对产量产生抑制效应。与种子产量变化不同,鲜草和秸秆产量在相同播量下,随着行距配置增加呈递减趋势,而在同一行距下鲜草和秸秆产量随播量的增加而增加,筛选出鲜草和秸秆产量最佳组合配置为播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>,行距 20 cm,产量分别为 35910 和 16878 kg/hm<sup>2</sup>,说明高播量、窄行距有利于获得较高的鲜草和秸秆产量。该研究结论与刘凯强等<sup>[13]</sup> 对燕麦种子和秸秆产量的最佳密度行距配置研究结论相一致。前人研究指出种植密度会影响大豆荚粒数和荚数,随着密度的增加单株荚粒数和荚数逐渐下降<sup>[30-32]</sup>。本研究发现,在同一行距下,箭筈豌结荚数和单荚籽粒数随播量的增加呈逐渐减少的趋势,与前人研究结果相一致。综上,生产中根据收获目的不同,对播量和行距要求各异,种子田适当疏植可获得较高种子产量,饲草田密植可获得较高植草饲草效益。

箭筈豌豆产量的形成需要经过营养体的建成、花器官的形成,以及光合产物的生产、积累、运输和分配等阶段,其中营养器官的建成是鲜草和种子产量形成的基础,植株开花后所形成的光合产物是形成种子产量的前提,籽粒干物质的累积速度和灌浆期长短决定了箭筈豌豆产量的高低。本研究通过大田实践中播量和行距配置优化,初步筛选出了箭筈豌豆条播种植鲜草、秸秆和种子生产最佳的播量行距配置,然而,不同播量行距配置调控箭筈豌豆产量形成的内在生理机制仍需进行进一步的探究。

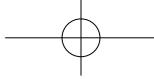
## 4 结论

豫南箭筈豌豆条播种植方式下以播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 时种子产量最高,达 3753 kg/hm<sup>2</sup>;播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm 和播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 时次之。以播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 20 cm 时鲜草和秸秆产量最高,产量分别达 35910 和 168781 kg/hm<sup>2</sup>;播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 和播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 40 cm 时

次之。以收获鲜草和秸秆产量为目的, 优选播量 33.75 kg/hm<sup>2</sup>、行距 20 cm 组合配置, 以收获种子产量优选播量 26.25 kg/hm<sup>2</sup>、行距 30 cm 组合配置。

### 参考文献:

- [1] 陈礼智, 王隽英, 张淑珍, 等. 绿肥在持续农业中的地位和作用 [C] // 全国绿肥试验网的发展及其成就. 沈阳: 辽宁大学出版社, 1992: 1-7.
- [2] 陈士平. 论绿肥在现代化农业生态系统中的地位 [J]. 土壤通报, 1980, 11 (1): 35-40.
- [3] 焦彬. 绿肥在我国农业生产中作用的简述 [J]. 土壤肥料, 1980 (5): 16-18.
- [4] 曹卫东, 黄鸿翔. 关于我国恢复和发展绿肥若干问题的思考 [J]. 中国土壤与肥料, 2009 (4): 1-3.
- [5] 焦彬, 孙传芳. 中国绿肥区划 [M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1986.
- [6] 王晋龙, 孙崇凤, 程永钢, 等. 不同绿肥对复垦地土壤化学性状及酶活性的影响 [J]. 中国土壤与肥料, 2022 (9): 85-93.
- [7] Gao S J, Gao J S, Cao W D, et al. Effects of long-term green manure application on the content and structure of dissolved organic matter in red paddy soil [J]. Journal of Integrative Agriculture, 2018, 17: 345-347.
- [8] Yang L, Bai J S, Liu J, et al. Green manuring effect on changes of soil nitrogen fractions, maize growth, and nutrient uptake [J]. Agronomy, 2018, 261: 1-13.
- [9] 曹卫东. 绿肥种质资源描述规范和数据标准 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2007.
- [10] 武兰芳, 欧阳竹. 不同播量与行距对小麦产量与辐射截获利用的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2014, 22 (1): 31-36.
- [11] Boroomandan P, Khoramivafa M, Haghi Y, et al. The effects of nitrogen starter fertilizer and plant density on yield, yield components and oil and protein content of soybean (*Glycine max* L. Merr) [J]. Pakistan Journal of Biological Sciences, 2009, 12 (4): 378-382.
- [12] 盖志佳, 韩德贤, 刘婧琦. 不同栽培方式对大豆产量及构成因子的影响 [J]. 黑龙江农业科学, 2014 (2): 21-22.
- [13] 刘凯强, 刘文辉, 魏小星, 等. 不同播量和行距对‘燕青1号’燕麦种子产量的影响 [J]. 草业学报, 2020, 29 (2): 82-91.
- [14] 施建军, 马玉寿, 李青云, 等. 高寒牧区燕麦高产栽培技术的研究 [J]. 草原与草坪, 2003 (4): 39-41.
- [15] 游明鸿, 刘金平, 白史且, 等. 行距对“川草2号”老芒麦生殖枝及种子产量性状的影响 [J]. 草业学报, 2011, 20 (6): 299-304.
- [16] 王雁丽, 郑敏娜. 播种行距和灌水量对春箭筈豌豆种子产量及其构成因素的影响 [J]. 中国农学通报, 2014, 30 (26): 6-10.
- [17] 冯晓敏, 杨永, 任长忠, 等. 豆科-燕麦间作对作物光合特性及籽粒产量的影响 [J]. 作物学报, 2015, 41 (9): 1426-1434.
- [18] 陈功, 李锦华, 周青平. 高寒牧区春箭筈豆生产性能的研究 [J]. 青海草业, 1991, 8 (3): 10-12.
- [19] 南志标, 张吉宏, 王彦荣, 等. 五个箭筈豌豆品系基因型与环境互作效应即农艺性状稳定性 [J]. 生态学报, 2004, 24 (3): 395-401.
- [20] 刘丽平, 胡焕焕, 李瑞奇, 等. 行距配置和密度对冬小麦品种河农822群体质量及产量的影响 [J]. 华北农学报, 2008, 23 (2): 125-131.
- [21] 杜文华, 田新会, 曹致中. 播种行距和灌水量对紫花苜蓿种子产量及其构成因素的影响 [J]. 草业学报, 2007, 16 (3): 81-87.
- [22] 邵生荣, 姚爱兴. 不同行距及播种量对宁农苏丹草种子生产性能的影响 [J]. 中国草地, 1997 (2): 12-15.
- [23] Ghulam R, Gulshan M, Rajpaul Y, et al. Row spacing is more important than seeding rate for increasing Rhodes grass (*Chloris gayana*) control and grain yield in soybean (*Glycine max*) [J]. Crop and Pasture Science, 2017, 68 (7): 620-626.
- [24] 赵竹, 曹承富, 乔玉强, 等. 机播条件下行距与密度对小麦产量和品质的影响 [J]. 麦类作物学报, 2011, 31 (4): 714-719.
- [25] 刘永安, 陈志国. 种植密度对莜麦产量及其构成因素的影响 [J]. 麦类作物学报, 2008, 28 (1): 140-143.
- [26] Beres B L, Bremer E, Van D C. Response of irrigated corn silage to seeding rate and row spacing in southern Alberta [J]. Canadian Journal of Plant Science, 2008, 88 (4): 713-716.
- [27] Bellaloui N, Mengistu A, Walker E R, et al. Soybean seed composition as affected by seeding rates and row spacing [J]. Crop Science, 2014, 54 (4): 1782-1795.
- [28] 王盼忠, 徐惠云. 高寒区旱地裸燕麦合理种植密度的研究 [J]. 内蒙古农业科技, 2006 (1): 38-39, 41.
- [29] 殷复伟, 王文鑫, 谷淑波, 等. 株行距配置对宽幅播种小麦产量形成的影响 [J]. 麦类作物学报, 2018, 38 (6): 710-717.
- [30] 杨加银, 徐海斌, 徐海风. 栽培因子对高油大豆产量及品质性状的影响 [J]. 中国农学通报, 2007, 23 (5): 196-199.
- [31] 元明浩. 不同密度对吉密豆1号大豆株型、群体生态和产量性状的影响 [D]. 北京: 中国农业科学院, 2007.
- [32] 杜志强, 田中艳, 周长军, 等. 种植密度对黑龙江省主栽抗线大豆品种农艺性状及产量的影响 [J]. 大豆科学, 2011, 30 (3): 434-437.



**Effects of different sowing rates and row spacings on agronomic traits, seed setting traits and yield of *Vicia sativa***

ZHENG Chun-feng<sup>1</sup>, LIU Chun-zeng<sup>1\*</sup>, ZHANG Ji-shi<sup>1</sup>, LV Yu-hu<sup>2</sup>, SHI Peng-fei<sup>2</sup>, NIE Liang-peng<sup>2</sup>, CAO Wei-dong<sup>3\*</sup>

( 1. Institute of Plant Nutrition and Agricultural Resources and Environmental Sciences, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou Henan 450002; 2. Xinyang Academy of Agricultural Sciences, Xinyang Henan 464000; 3. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081 )

**Abstract:** In order to clarify the optimal sowing amount and row spacing for the local *Vicia sativa* line planting in the south of Henan Province, a two-factor experimental design was used to study the effects of different sowing rates and row spacings on the growth and development, fresh grass, straw and seed yield of *Vicia sativa*. Three sowing rates and four row spacing levels were set up respectively, so as to provide scientific theoretical guidance for improving the high-yield cultivation technology of *Vicia sativa* in actual production. The results showed that when the sowing rate was constant, the plant height, fresh and dry weight per plant showed a trend of first increasing and then decreasing with the increase of row spacing, and the maximum value was obtained when the row spacing was 30 or 40 cm; The stem diameter and branching number showed a gradually decreasing trend with the increase of row spacing, and both reached the maximum value at 20 cm row spacing. When the row spacing was constant, plant height and SPAD value increased gradually with the increase of sowing rates; Stem diameter and branching number decreased gradually with the increase of sowing rates. The optimal row spacing for seed setting traits were sowing rate 18.75 kg/hm<sup>2</sup> with 30 cm row spacing, sowing rate 26.25 kg/hm<sup>2</sup> with 30 cm row spacing and sowing rate 33.75 kg/hm<sup>2</sup> with 40 cm row spacing. The yield of seed, grass and straw of *Vicia sativa* under different sowing rates and row spacings was significantly different ( $P < 0.05$ ). The highest seed yield was 3753 kg/hm<sup>2</sup> with sowing rate of 26.25 kg/hm<sup>2</sup> and row spacing of 30 cm, the yields were 3468 and 3436 kg/hm<sup>2</sup> followed with sowing rate of 33.75 kg/hm<sup>2</sup> row spacing with 40 and 30 cm respectively. The highest yield of grass and straw was 35910 and 16878 kg/hm<sup>2</sup>, respectively, with sowing rate of 33.75 kg/hm<sup>2</sup> and row spacing of 20 cm, followed by sowing rate of 33.75 kg/hm<sup>2</sup> with 30 cm row spacing of and sowing rate of 33.75 kg/hm<sup>2</sup> with 40 cm row spacing. The yield was 26761 and 13052, 23662 and 12127 kg/hm<sup>2</sup>, respectively. To sum up, in order to harvest the yield of grass and straw, the optimal sowing rate was 33.75 kg/hm<sup>2</sup> with 20 cm row spacing, the sowing rate of 26.25 kg/hm<sup>2</sup> with 30 cm row spacing was optimal selected for the harvested seed yield.

**Key words:** *Vicia sativa*; sowing rate; row spacing; agronomic traits; seed setting traits; yield