

周泽弘,梁琴,马雪清,等. 四川丘陵区橘园间作绿肥山黧豆高产栽培措施组合分析及评价[J]. 江苏农业科学,2019,47(19):316-320. doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2019.19.070

四川丘陵区橘园间作绿肥山黧豆高产栽培措施组合分析及评价

周泽弘¹, 梁琴¹, 马雪清¹, 莫坤¹, 韩文斌¹, 谢树果¹, 曹卫东²

(1. 南充市农业科学院,四川南充 637000; 2. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所,北京 100081)

摘要:为探明适合四川丘陵区橘园间作绿肥山黧豆的高产栽培技术,以南选山黧豆为材料,采用3种播种方式、4种播期和3种播量的3因素随机区组设计,研究不同栽培措施对橘园间作下山黧豆鲜草产量和主要农艺性状的影响,并采用主成分分析法对栽培措施组合进行评价。结果表明,播种方式、播期、播量对山黧豆鲜草产量及主要农艺性状均有显著影响($P < 0.05$)。浅旋耕浸种撒播(A_1)下山黧豆鲜草产量及各主要农艺性状均显著($P < 0.05$)高于浅旋耕干种撒播(A_2)及免耕干种撒播(A_3)。早播(B_1)时,鲜草产量及各主要农艺性状均显著($P < 0.05$)优于晚播(B_3 、 B_4)。播量在45 kg/hm²(C_2)水平下山黧豆鲜草产量最高为30 986.4 kg/hm²,显著($P < 0.05$)高于30 kg/hm²(C_1)和60 kg/hm²(C_3)。主成分分析结果表明,3种栽培措施对山黧豆鲜草产量及主要农艺性状的综合贡献率大小为播量 > 播期 > 播种方式。根据主成分综合得分排名并对比各组合实际产量可以得出,早播组合较晚播组合农艺性状好、鲜草产量高,浅旋耕浸种撒播或浅旋耕干种撒播下,播量控制在45 kg/hm²或60 kg/hm²都可以得到较高产量。综合各因素之间的影响可知,四川丘陵区橘园间作绿肥南选山黧豆宜采用浅旋耕浸种撒播,播期在9月20日,播量控制在45 kg/hm²为最佳。

关键词:山黧豆;栽培措施;鲜草产量;农艺性状;主成分分析

中图分类号: S551⁺.904 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2019)19-0316-05

山黧豆(*Lathyrus sativus*)隶属豆科山黧豆属山黧豆科,为一年生草本植物,在我国西北、西南、华中、华南等地均有种植。山黧豆抗逆性强,养分含量丰富,不仅可用作优质饲草^[1],还可作为清洁的有机肥源。四川丘陵区柑橘分布广,橘园多以清耕为主,利用空行间作山黧豆,不仅能抑制杂草,还能改良土壤,提高柑橘产量和品质^[2-3]。随着绿肥研究的深入及果菜茶有机肥替代等项目的实施,山黧豆越来越受到重视,因此,研究橘园间作下山黧豆高产栽培技术对指导山黧豆生产及推广具有重要意义。

植物产量和品质受生长时期、群体数量、环境因素等影响存在较大差异^[4-5],因地制宜改良播种施肥方式,调整播期播量,对高产、优质和高效栽培意义重大^[6]。有研究表明,播期播量对山黧豆鲜草产量具有显著影响^[7]。尽管山黧豆作为南方常见的豆科绿肥之一,但当前的研究多集中于选育及养分特征等方面^[8-10],对橘园间作下山黧豆高产栽培技术的研究鲜有报道。本研究选用南充市农业科学院选育的山黧豆优良品种南选山黧豆^[11],研究不同播种方式、播期及播量对山

黧豆鲜草产量和农艺性状的影响,并采用主成分分析法对栽培组合进行评价,旨在找出四川丘陵区橘园间作下山黧豆种植的最佳栽培技术,为山黧豆在丘陵区橘园的高产栽培提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2016年在四川省南充市西充县义兴镇(105° 51' E、31°9' N)有机柑橘园进行,海拔286 m,试验点地处四川盆地浅丘宽谷地貌区,中亚热带湿润季风气候,常年9月至次年4月的月平均气温为22.3~6.1℃。

1.2 供试材料

本试验选用的山黧豆是南充市农业科学院从南京中山植物园引进的扁荚山黧豆原始群体中的优良变异单株经连续5代系统选择育成,2012年通过四川省品种审定(川审豆2012008),是一个绿肥、饲料兼用型品种。

1.3 试验设计

设播种方式(A)、播期(B)、播量(C)3个试验因素。其中,播种方式设3个水平:浅旋耕浸种撒播方式(A_1),橘园空行机械旋耕10~20 cm,浸种8~10 h后直接撒播;浅旋耕干种撒播(A_2),橘园空行机械旋耕10~20 cm,种子直接撒播;免耕干种撒播(A_3),橘园空行未旋耕,种子直接撒播。播期设4个水平:9月20日(B_1)、9月30日(B_2)、10月10日(B_3)和10月20日(B_4)。播量设3个水平: C_1 为30.0 kg/hm², C_2 为45.0 kg/hm², C_3 为60.0 kg/hm²。上述试

收稿日期:2018-07-09

基金项目:国家绿肥产业技术体系项目(编号:CARS-22);四川省应用基础研究项目(编号:2016JY0193、2017JY0036);四川省南充市研发资金(编号:17YFZJ0037)。

作者简介:周泽弘(1991—),男,四川南充人,硕士,研究实习员,主要从事绿肥利用研究。E-mail:pyfzsh@163.com。

通信作者:韩文斌,研究员,主要从事绿肥利用研究。E-mail:ncnshwb@163.com。

验因素和水平组合共计36个处理,每个处理重复3次。采用随机区组试验设计。试验在柑橘空行间进行,柑橘行距为4 m,在距离两侧柑橘树1 m的中间空行带状种植南选山黧豆,每小区净面积20 m²(4 m × 5 m)。

1.4 测定指标及方法

田间调查包括与山黧豆鲜草产量有密切关联的生育期、株高、单株分枝数和单株根瘤数等4项农艺性状指标^[11]。在盛花期测定鲜草产量,并在每小区随机选取10株山黧豆测定株高、单株分枝数和单株根瘤数。在成熟期,记录不同处理下的生育期。

1.5 数据处理

试验数据采用Microsoft Excel 2013结合SPSS 19.0统计软件处理,多重比较采用Duncan's法。进行主成分分析时,将初始质量性状按产量差异进行赋值^[12]。

2 结果与分析

2.1 播种方式、播期、播量对山黧豆鲜草产量及农艺性状的影响

不同播种方式下,浅旋耕浸种撒播(A₁)下山黧豆生育期、株高、单株分枝数、单株根瘤数及鲜草产量均显著($P < 0.05$)高于浅旋耕干种撒播(A₂)及免耕干种撒播(A₃),但A₂

和A₃间差异不显著($P > 0.05$)。播期对山黧豆生育期、株高、单株分枝数、单株根瘤数及鲜草产量均有影响,早播(B₁)显著高于晚播(B₃、B₄)。播量在C₂(45 kg/hm²)水平下山黧豆鲜草产量最高,为30 986.4 kg/hm²,且显著高于C₁(30 kg/hm²)和C₃(60 kg/hm²)水平下的鲜草产量。播量在C₃水平下山黧豆生育期、株高、单株分枝数和单株根瘤数均显著低于C₁和C₂水平,株高随种植密度的加大而降低,而生育期、单株分枝数和单株根瘤数在C₁和C₂水平间差异不显著(表1)。

2.2 山黧豆鲜草产量与栽培措施及主要农艺性状的相关性分析

从相关矩阵(表2)来看,各栽培条件之间并没有相关性($P > 0.05$),各栽培措施与鲜草产量及主要农艺性状相关性达到显著($P < 0.05$)或极显著($P < 0.01$)水平。与鲜草产量相关的因子中,播量与鲜草产量的相关系数最大($r = 0.670$),说明播量对鲜草产量的影响最大,其次是生育期和单株分枝数,相关系数分别为0.631和0.617。播量与株高呈显著负相关,与生育期、单株分枝数及单株根瘤数相关性不强。播种方式与鲜草产量、生育期、单株分枝数及单株根瘤数间极显著相关。播期与鲜草产量及主要农艺性状均极显著相关,相关系数均超过0.5,说明播期对山黧豆生长发育及鲜草产量影响较大。

表1 播种方式、播期、播量对山黧豆鲜草产量及农艺性状的影响

处理	生育期 (d)	株高 (cm)	单株分枝数 (个)	单株根瘤数 (个)	鲜草产量 (kg/hm ²)
A ₁	219.3 ± 8.7a	98.4 ± 12.5a	19.2 ± 5.2a	13.0 ± 2.8a	30 364.7 ± 2 318.0a
A ₂	215.6 ± 7.5b	92.0 ± 11.8b	15.1 ± 4.3b	11.1 ± 2.4b	28 492.5 ± 2 282.8b
A ₃	214.8 ± 7.8b	92.8 ± 11.5b	14.1 ± 4.1b	11.3 ± 1.8b	27 937.5 ± 2 105.7b
B ₁	225.1 ± 5.0a	104.9 ± 9.3a	21.4 ± 4.2a	13.7 ± 2.3a	31 100.7 ± 2 119.7a
B ₂	221.2 ± 4.0b	98.2 ± 9.6b	18.0 ± 3.9b	13.4 ± 1.9a	29 164.4 ± 2 055.5b
B ₃	212.6 ± 4.9c	90.7 ± 9.1c	13.5 ± 2.5c	9.5 ± 1.4c	28 311.5 ± 2 030.5b
B ₄	207.3 ± 2.7d	83.8 ± 9.4d	11.6 ± 1.8d	10.5 ± 1.1b	27 149.6 ± 1 793.4c
C ₁	218.6 ± 7.8a	103.5 ± 8.5a	17.7 ± 5.3a	12.5 ± 2.1a	26 986.7 ± 1 647.2c
C ₂	219.3 ± 7.6a	96.9 ± 8.7b	17.2 ± 5.3a	12.5 ± 2.9a	30 986.4 ± 2 068.1a
C ₃	211.8 ± 7.1b	82.8 ± 8.6c	13.6 ± 3.1b	10.3 ± 1.8b	28 821.7 ± 1 763.5b

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)。表6同。

表2 鲜草产量与栽培条件及主要农艺性状的相关矩阵

指标	播种方式	播期	播量	生育期	株高	单株分枝数	单株根瘤数	鲜草产量
播种方式	1.000							
播期	0.000	1.000						
播量	0.000	0.000	1.000					
生育期	0.230 **	0.851 **	0.038	1.000				
株高	0.190 *	0.654 **	-0.220 *	0.890 **	1.000			
单株分枝数	0.418 **	0.761 **	-0.043	0.928 **	0.858 **	1.000		
单株根瘤数	0.279 **	0.608 **	-0.009	0.823 **	0.774 **	0.842 **	1.000	
鲜草产量	0.406 **	0.583 **	0.670 **	0.631 **	0.350 **	0.617 **	0.495 **	1.000

注:*表示显著相关($P < 0.05$),**表示极显著相关($P < 0.01$)。

2.3 山黧豆鲜草产量与栽培措施的主成分分析

根据主成分特征值大于1的原则,进行主成分的提取^[12]。其中,共有3个主成分特征值大于1(表3)。第1主成分的贡献率为58.914%,第2主成分的贡献率为

19.662%,第3主成分的贡献率为12.846%。前3个主成分累计贡献率达到91.422%,即前3个主成分能代表该栽培条件及农艺性状信息的91.422%。

表3 主成分分析

成分	初始特征值			旋转平方和		
	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)	特征值	贡献率(%)	累积贡献率(%)
1	4.713	58.914	58.914	4.402	55.026	55.026
2	1.573	19.662	78.576	1.678	20.977	76.003
3	1.028	12.846	91.422	1.234	15.419	91.422
4	0.383	4.785	96.207			
5	0.200	2.499	98.706			
6	0.054	0.673	99.379			
7	0.036	0.449	99.829			
8	0.014	0.171	100.000			

为了更加合理地解释各主成分所代表的含义,本研究对初始因子载荷进行了4次标准化正交旋转得到因子旋转载荷,并通过计算得出各主成分的得分系数,即特征向量(表4)。第1主成分是播期对鲜草产量及主要农艺性状促进作用的量度,其对第1主成分的载荷达到0.872,故第1主成

分为播期因子,同时,生育期、株高、单株分枝数和单株根瘤数在第1主成分的负载荷也较大,说明各农艺性状对鲜草产量也有较大影响。播量对第2主成分的正向负荷量最大为0.967,故该主成分为播量因子。播种方式对第3主成分的正向负荷量最大,为0.979,故第3主成分为播种方式因子。

表4 因子旋转载荷矩阵及特征向量

成分	因子旋转载荷			特征向量		
	P ₁	P ₂	P ₃	A ₁	A ₂	A ₃
播种方式	0.125	0.077	0.979	-0.119	-0.050	0.879
播期	0.872	0.188	-0.180	0.243	0.075	-0.313
播量	-0.123	0.967	-0.039	-0.094	0.626	-0.106
生育期	0.968	0.158	0.092	0.230	0.025	-0.074
株高	0.917	-0.160	0.109	0.236	-0.175	-0.022
单株分枝数	0.924	0.085	0.311	0.190	-0.039	0.141
单株根瘤数	0.852	0.058	0.218	0.187	-0.042	0.068
鲜草产量	0.503	0.800	0.277	0.035	0.448	0.107

2.4 基于主成分分析法的最优栽培组合评价

主成分综合得分能反映出各主成分中最优组合^[13]。在计算主成分得分时对栽培措施、产量及主要农艺性状原始数据进行标准化处理以消除量纲和数量级的影响。标准化后的数据与特征根相乘,可得主成分表达式:

$$Z_1 = -0.119X_1 + 0.243X_2 - 0.094X_3 + 0.230X_4 + 0.236X_5 + 0.19X_6 + 0.187X_7 + 0.035X_8;$$

$$Z_2 = -0.050X_1 + 0.075X_2 + 0.626X_3 + 0.025X_4 - 0.175X_5 - 0.039X_6 - 0.042X_7 + 0.448X_8;$$

$$Z_3 = 0.879X_1 - 0.313X_2 - 0.106X_3 - 0.074X_4 - 0.022X_5 + 0.141X_6 + 0.068X_7 + 0.107X_8。$$

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分特征值总和的比例为权重,计算主成分综合得分: $Z_0 = 0.602Z_1 + 0.229Z_2 + 0.169Z_3$ 。

由主成分综合得分(表5)可知,第1主成分 Z_1 得分较高的组合(1~9)全部在 B_1 和 B_2 播期下的组合,而得分较低的组合(10~18)在 B_3 和 B_4 播期下的组合。第2主成分 Z_2 得分较高的组合全部在 C_2 播量下的组合,而得分较低的组合在 C_1 播量下的组合。第3主成分 Z_3 得分较高的组合全部在 A_1 播种方式下的组合,而得分较低的组合在 A_3 播种方式下的组合。这进一步表明,第1、2、3主成分的主要影响因子分别为播期、播量和播种方式。

从主成分综合模型 Z_0 (表5)可以看出,综合得分最高的组合均为早播水平下的组合,得分最低的组合均在晚播水平

下的组合,这表明播期对各处理组合的综合得分影响较大;综合得分较高的播种方式多为浅旋耕浸种撒播和浅旋耕干种撒播,这表明免耕干种撒播并不利于山黧豆的生长及鲜草产量的累积;播量为 45 kg/hm^2 在综合得分较低的组合中几乎不出现,说明适宜的播种量有利于山黧豆生长及鲜草产量累积。结合实际产量来看,大部分综合得分较高的组合,其鲜草产量较高,这表明综合得分值能够反映各组合间的优劣。橘园间作绿肥山黧豆在早播(B_1 、 B_2)条件下,通过控制适宜播量(C_2),采取浅旋耕浸种撒播(A_1)方式,能获得较高的鲜草产量,最优栽培组合为 $A_1B_1C_2$ 。

2.5 不同栽培措施组合间山黧豆鲜草产量的差异

为了进一步比较不同栽培措施组合对山黧豆鲜草产量的影响,采用Duncan's法对36个处理组合下的鲜草产量进行多重比较。结果(表6)表明,播种方式为浅旋耕浸种撒播(A_1)、播期为2016年9月20日(B_1)、播量为 45 kg/hm^2 (C_2)时,山黧豆鲜草产量最高。从栽培组合来看,早播是取得高产的重要条件,而适宜的播量是保证鲜草产量稳定的重要因素。此外,山黧豆橘园间作下山黧豆鲜草产量在 $A_1B_1C_2$ 、 $A_2B_1C_2$ 、 $A_1B_2C_2$ 和 $A_1B_1C_3$ 栽培组合下也能取得较高的产量,其值均超过 32000 kg/hm^2 。

3 讨论

3.1 不同因子对山黧豆鲜草产量及主要农艺性状的影响

本试验通过研究不同栽培措施对山黧豆鲜草产量及主要

表5 部分组合主成分综合得分

编号	处理组合	Z ₁	处理组合	Z ₂	处理组合	Z ₃	处理组合	Z ₀	Z ₀ 组合实产 (kg/hm ²)
1	A ₁ B ₁ C ₁	2.0	A ₁ B ₁ C ₂	1.4	A ₁ B ₄ C ₁	1.5	A ₁ B ₁ C ₂	1.6	34 617
2	A ₁ B ₁ C ₂	1.8	A ₂ B ₁ C ₂	1.4	A ₁ B ₄ C ₃	1.5	A ₁ B ₁ C ₁	1.2	30 117
3	A ₃ B ₁ C ₁	1.4	A ₃ B ₁ C ₂	1.3	A ₁ B ₄ C ₂	1.4	A ₁ B ₂ C ₂	1.1	33 210
4	A ₂ B ₁ C ₁	1.3	A ₁ B ₂ C ₂	1.3	A ₁ B ₃ C ₁	1.3	A ₂ B ₁ C ₂	1.0	33 347
5	A ₁ B ₂ C ₁	1.2	A ₁ B ₃ C ₂	1.2	A ₁ B ₂ C ₂	1.3	A ₁ B ₁ C ₃	0.8	32 773
6	A ₂ B ₁ C ₂	1.2	A ₂ B ₃ C ₂	1.1	A ₁ B ₂ C ₁	1.2	A ₃ B ₁ C ₂	0.7	31 937
7	A ₃ B ₁ C ₂	1.1	A ₃ B ₃ C ₂	1.0	A ₁ B ₃ C ₃	1.2	A ₁ B ₂ C ₁	0.7	28 840
8	A ₁ B ₂ C ₂	1.0	A ₂ B ₂ C ₂	1.0	A ₁ B ₃ C ₂	1.2	A ₂ B ₁ C ₁	0.5	28 483
9	A ₃ B ₂ C ₁	1.0	A ₁ B ₄ C ₂	1.0	A ₁ B ₁ C ₁	1.1	A ₂ B ₂ C ₂	0.5	30 740
10	A ₁ B ₄ C ₂	-0.9	A ₁ B ₂ C ₁	-1.2	A ₃ B ₃ C ₁	-1.1	A ₃ B ₃ C ₁	-0.6	25 453
11	A ₁ B ₃ C ₃	-1.0	A ₁ B ₃ C ₁	-1.2	A ₃ B ₃ C ₃	-1.1	A ₁ B ₄ C ₃	-0.6	28 167
12	A ₃ B ₄ C ₂	-1.1	A ₂ B ₂ C ₁	-1.3	A ₃ B ₂ C ₁	-1.2	A ₃ B ₄ C ₂	-0.7	27 217
13	A ₃ B ₃ C ₃	-1.1	A ₁ B ₄ C ₁	-1.3	A ₃ B ₃ C ₂	-1.2	A ₂ B ₃ C ₃	-0.8	27 533
14	A ₂ B ₄ C ₂	-1.2	A ₃ B ₂ C ₁	-1.4	A ₃ B ₂ C ₂	-1.3	A ₂ B ₄ C ₁	-0.8	25 420
15	A ₂ B ₃ C ₃	-1.2	A ₃ B ₃ C ₁	-1.4	A ₃ B ₁ C ₁	-1.3	A ₃ B ₃ C ₃	-0.9	27 463
16	A ₁ B ₄ C ₃	-1.4	A ₂ B ₃ C ₁	-1.4	A ₃ B ₂ C ₃	-1.3	A ₃ B ₄ C ₁	-0.9	24 413
17	A ₃ B ₄ C ₃	-1.5	A ₂ B ₄ C ₁	-1.4	A ₃ B ₁ C ₂	-1.4	A ₂ B ₄ C ₃	-1.0	26 503
18	A ₂ B ₄ C ₃	-1.6	A ₃ B ₄ C ₁	-1.6	A ₃ B ₁ C ₃	-1.5	A ₃ B ₄ C ₃	-1.1	26 590

注:表中组合1~9和组合10~18分别为主成分综合得分排名最高和最低的9个组合。

表6 不同栽培处理对鲜草产量影响的多重比较

播种方式	播期	播量(kg/hm ²)		
		30.0(C ₁)	45.0(C ₂)	60.0(C ₃)
浅旋耕浸种撒播(A ₁)	2016-9-20(B ₁)	30 116.7 ± 85.1j	34 616.7 ± 65.1a	32 773.3 ± 60.3d
	2016-9-30(B ₂)	28 840.0 ± 75.5n	33 210.0 ± 80.0c	30 110.0 ± 65.6j
	2016-10-10(B ₃)	27 743.3 ± 65.1r	31 826.7 ± 80.2f	29 376.7 ± 61.1m
	2016-10-20(B ₄)	26 736.7 ± 20.8u	30 860.0 ± 55.7g	28 166.7 ± 71.0q
浅旋耕干种撒播(A ₂)	2016-9-20(B ₁)	28 483.3 ± 80.8o	33 346.7 ± 50.3b	30 430.0 ± 80.0i
	2016-9-30(B ₂)	26 733.3 ± 20.8u	30 740.0 ± 50.0h	28 523.3 ± 63.5o
	2016-10-10(B ₃)	25 616.7 ± 61.1x	30 140.0 ± 81.9j	27 533.3 ± 68.1s
	2016-10-20(B ₄)	25 420.0 ± 26.5y	28 440.0 ± 65.6op	26 503.3 ± 60.3v
免耕干种撒播(A ₃)	2016-9-20(B ₁)	28 166.7 ± 64.3q	31 936.7 ± 56.9e	30 036.7 ± 73.7j
	2016-9-30(B ₂)	26 116.7 ± 75.1w	29 853.3 ± 66.6k	28 353.3 ± 65.1p
	2016-10-10(B ₃)	25 453.3 ± 30.6y	29 650.0 ± 70.0l	27 463.3 ± 76.4s
	2016-10-20(B ₄)	24 413.3 ± 80.8z	27 216.7 ± 65.1t	26 590.0 ± 75.5v

农艺性状的影响发现,山黧豆的生长发育因播种方式、播期和播量的不同而存在明显的差异,各栽培措施对山黧豆鲜草产量影响显著($P < 0.05$)。

改良播种方式有利于植物生长,进而影响作物产量^[14-16]。本研究中,浅旋耕浸种撒播(A₁)下,山黧豆鲜草产量及各项农艺性状指标均显著高于浅旋耕干种撒播(A₂)和免耕干种撒播(A₃),其主要原因在于耕作方式影响到橘园土壤容重,播种前进行的浅旋耕作业使得土壤容重降低,耕层孔隙度明显增加,促进山黧豆根系发育及其对耕层水肥的吸收^[17-18],同时,播种前浸种可促进种子发芽,还能杀死部分虫卵和病毒^[19-20],有利于山黧豆植株生长及干物质生产,进而提高鲜草产量。

适时播种是作物取得高产的重要条件^[21]。不同播期下,植株生长发育受外部环境中温度、光照、水分的影响而存在较大差异^[22]。本研究表明,播期对山黧豆生长及鲜草产量影响

显著($P < 0.05$),早播(B₁、B₂)优于晚播(B₃、B₄),这可能跟早播增加植株生长时间有关,此外,四川丘陵区9月份雨水充沛,气温适宜,利于山黧豆植株的生长发育及干物质的积累^[10],随着播期的推迟,山黧豆结瘤分枝能力减弱,导致分枝数降低,进而影响山黧豆鲜草产量。

适宜的播种量是作物获得高产的物质基础^[6]。播种量直接影响植株的种群密度,随着种群密度的增加,植物生存空间和环境资源受到限制,种群植株的农艺性状和个体鲜质量呈显著下降趋势^[23]。本研究中,播量在C₂(45 kg/hm²)水平时,山黧豆植株群体结构合理,农艺性状良好,鲜草产量最高。若播种量(C₃)过大,由于株高、根瘤数下降而引起的鲜草产量损失大于单位面积分枝数增加所得的补偿,从而造成减产;反之,播种量(C₁)过小,单位面积植株分枝数减少,株高、根瘤数虽然有所增加,但得不偿失,导致减产。因此,橘园间作山黧豆播量应控制在45 kg/hm²左右。

3.2 南选山黧豆在丘陵区橘园间作的最优栽培组合

本研究采用主成分分析法对最优栽培组合进行评价。主成分综合得分反映栽培措施与农艺性状对鲜草产量的共同效应,得分较高的组合表现为农艺性状优良,鲜草产量高。从主成分因子可以看出,第1主成分对鲜草产量及主要农艺性状的贡献最大,而播期作为第1主成分的主要因子,说明播期对鲜草产量及农艺性状的综合影响较为突出,换言之,适宜的播期不仅可提高山黧豆鲜草产量,还能提升山黧豆自身品质。第2主成分与产量的相关性较大,而播量作为第2主成分的主要因子,说明播量是影响鲜草产量的重要因素之一,较 C_1 ($30 \text{ kg}/\text{hm}^2$)而言, C_3 ($60 \text{ kg}/\text{hm}^2$)播量增加1倍,导致单位面积上山黧豆分枝数大幅增加,从而实现增产,但植株自身品质有所下降。从相关性分析结果看,播量与鲜草产量的相关系数最大($r=0.670$),说明播量对鲜草产量的影响最大,这与韩文斌等的研究结果^[11]一致,单从提高山黧豆鲜草产量可以初步推测,各栽培因素的贡献大小为播量>播期>播种方式。综合山黧豆产量及各项农艺指标品质,各栽培因素的影响表现为播期>播量>播种方式,在橘园间作绿肥山黧豆,可通过调控播期优化各项农艺性状指标,进而提高鲜草产量。

比较各主成分综合得分排名及实际产量可知,综合排名得分较高的组合其实际产量也较高,因此,可以利用综合得分排名进行最优组合的筛选。从得分较高的组合中可以看出,早播(9月份)组合较晚播(10月份)组合农艺性状好、鲜草产量高,浅旋耕浸种撒播或浅旋耕干种撒播下,播量控制在 $45 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 或 $60 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 都可以得到较高产量。综合来看,橘园间作绿肥南选山黧豆应采取浅旋耕浸种撒播方式,播期在9月20日,播量为 $45 \text{ kg}/\text{hm}^2$,平均产量可达 $34\ 616.7 \text{ kg}/\text{hm}^2$ 。受降雨、光照等环境因素的影响,试验结果可能存在一定的局限性,但该结果是在往年多次试验基础上总结设计的多因素随机区组试验,具有一定的参考价值,当然也有待进一步进行多年多点试验以验证该高产组合的稳定性。

4 结论

本试验中,橘园间作绿肥南选山黧豆在最佳栽培组合下表现出高产水平,具有在四川丘陵区橘园示范推广的潜力。从试验结果来看,播种方式、播期、播量对南选山黧豆鲜草产量及主要农艺性状均有显著影响($P < 0.05$)。播种方式在 A_1 水平下山黧豆鲜草产量及主要农艺性状均显著高于 A_2 和 A_3 。适宜的早播有利于山黧豆植株的生长发育,从而使主要农艺性状表现良好,鲜草产量显著提高。播量在 C_2 水平下山黧豆鲜草产量最高,为 $30\ 986.4 \text{ kg}/\text{hm}^2$,显著高于 C_1 和 C_3 。综合考虑,橘园间作绿肥南选山黧豆宜采用浅旋耕浸种撒播,播期在9月20日左右,播量控制在 $45 \text{ kg}/\text{hm}^2$,鲜草产量及各项主要农艺性状能取得最大的收益比。

参考文献:

[1]包兴国,吕福海,刘生战,等. 山黧豆低毒品种的筛选及栽培利用技术研究[J]. 草业科学,1995,12(5):48-54.

- [2]谢树果,韩文斌,冯文强,等. 豆科绿肥对四川丘陵旱地作物的产量及经济效益初探[J]. 中国土壤与肥料,2010(5):82-85.
- [3]韩文斌,谢树果,杜春梅,等. 四川丘陵区桔园间作豆科绿肥的效应[J]. 中国南方果树,2014(5):62-63.
- [4]伊斯拉依·达吾提,安沙舟,艾尼瓦尔·艾山. 播种量与施氮量对夏播苏丹草生产性能的影响[J]. 草业科学,2015,32(10):1648-1652.
- [5]牛建伟,雷占兰,周华坤,等. 种植密度和施氮水平对垂穗披碱草生物量分配的影响[J]. 草业科学,2014,31(7):1343-1351.
- [6]杨玉敏,庞良玉,张庆玉,等. 川中丘陵区不同播期和播种量对光叶紫花苜蓿草生产的影响[J]. 西南农业学报,2011,24(3):882-887.
- [7]韩文斌,任胜茂,罗阳春,等. 播期和播量对橘园间作下山黧豆产量及农艺性状的影响[J]. 草业科学,2015,32(12):2089-2093.
- [8]廖明莉,韩文斌,谢树果,等. 四种豆科绿肥与小麦间作的效应研究[J]. 西华师范大学学报(自然科学版),2012,33(4):366-370.
- [9]李佑恺,尚晨,张海玲,等. 不同山黧豆种质资源的农艺性状比较研究[J]. 黑龙江畜牧兽医,2014(23):112-114.
- [10]刘一灵,康玉凡,李振华,等. 山黧豆苗菜用品种的筛选与评价[J]. 植物遗传资源学报,2012,13(4):639-642.
- [11]韩文斌,谢树果,任胜茂. 绿肥新品种山黧豆选育及栽培技术[J]. 四川农业科技,2013(6):25.
- [12]周萍萍,赵军,颜红海,等. 播期、播种量与施肥量对裸燕麦籽粒产量及农艺性状的影响[J]. 草业科学,2015,32(3):433-441.
- [13]高祥宝,董寒青. 数据分析与SPSS应用[M]. 北京:清华大学出版社,2007:357-363.
- [14]陈留根,刘红江,沈明星,等. 不同播种方式对小麦产量形成的影响[J]. 江苏农业学报,2015,31(4):786-791.
- [15]王俊翔,夏孝勤. 不同耕作方式对蚕豆绿肥的影响[J]. 现代农业科技,2016(19):192-194.
- [16]李丽淑,樊吴静,杨鑫,等. 不同栽培方式、播种深度对冬种马铃薯土壤水热及产量的影响[J]. 西南农业学报,2018,31(4):673-679.
- [17]李晶,魏滢,商文楠,等. 播种方式与追肥时期对寒地冬小麦根系生理活性及子粒品质的影响[J]. 作物杂志,2013(4):100-103,159.
- [18]孙中伟. 不同播种方式下播期与播量对小麦籽粒产量和品质形成的影响[D]. 南京:南京农业大学,2011:34-57.
- [19]程瑶,方向文,蒋志荣,等. 温水浸种对蒙古黄芪种子萌发特性的影响[J]. 植物科学学报,2017,35(3):413-420.
- [20]杨春霞,丁华平,许木果,等. 不同温度和处理方式对4种豆科绿肥种子发芽特征的影响[J]. 西南农业学报,2018,31(3):592-597.
- [21]曹毅,任吉君,李春梅,等. 不同播期对红秋葵生长及发育的影响[J]. 西南大学学报(自然科学版),2008,30(2):87-89.
- [22]马雪琴,赵桂琴,龚建军. 高寒牧区播期和氮肥对燕麦生长特性的影响[J]. 草业科学,2010,27(7):63-67.
- [23]郭水良,盛海燕. 北美车前种群密度制约的统计分析[J]. 植物研究,2002,22(2):236-240.