

接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能及营养价值的影响评价

马娅杰¹, 权金鹏², 甘辉林¹, 王 鹏¹, 顾新民¹

(1. 张掖市草原工作站, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃省祁连山水源涵养林研究院)

摘要:对甘农 3 号、三得利、早地、WL343、巨能 601、威神等 6 个紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 品种开展根瘤菌接种试验, 以越冬率、分枝数、株高、干草产量、粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、相对饲喂价值等为评价指标, 采用灰色关联法分析行评价接种根瘤菌对紫花苜蓿生产性能及营养价值的影响。结果表明: 接种根瘤菌可显著提高紫花苜蓿品种的越冬率、株高、干草产量和粗蛋白含量 ($P < 0.05$), 对紫花苜蓿的分枝数、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、相对饲喂价值的影响不显著 ($P > 0.05$), 可促进紫花苜蓿提前接瘤, 促进提高苜蓿产量和饲草品质, 是提高苜蓿产草量和饲草品质的有效措施, 可大面积推广应用。

关键词: 根瘤菌; 紫花苜蓿; 生产性能; 营养价值

[中图分类号] S831.2 [文献标识码] A [文章编号] 1004-6704(2024)01-0027-07

Assessment of the Impact of Rhizobial Inoculation on Production Performance and Nutritional Value of Different Varieties of Purple Alfalfa

MA Yajie¹, QUAN Jinpeng³, GAN Huilin¹, WANG Peng¹, GU Xinmin¹

(1. Grassland Station of Zhangye, Zhangye Gansu 734000, China;

2. Gansu Qilian Mountain Water Conservation Forest Research Institute)

Abstract: In this study, six alfalfa (*Medicago sativa*) varieties including Gannong 3, Suntory, Handi, WL343, Juneng 601, and Weishen were tested for rhizobia inoculation. We use overwintering rate, number of branches, plant height, hay yield, crude protein, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, relative feeding value, etc. as evaluation indicators. We used the gray relational method to analyze and evaluate the effect of rhizobia inoculation on the performance and nutritional value of alfalfa. The results showed that the inoculation of rhizobia could significantly improve the overwintering rate, plant height, hay yield and crude protein content of alfalfa varieties ($P < 0.05$). This had no significant effect on the number of branches, acid detergent fiber, neutral detergent fiber, and relative feeding value of alfalfa ($P > 0.05$). This can promote early tumor inoculation of alfalfa, and promote the improvement of alfalfa yield and forage quality. This is an effective measure to improve the grass yield and forage quality of alfalfa, and can be popularized and applied in a large area.

Key words: rhizobia; alfalfa; production performance; nutritional value

近年来,随着草畜产业不断发展和草原生态保护工程的大力实施,优质饲草短缺问题日益凸显。尤其是我国北方,土壤贫瘠,盐碱化程度较高,种植牧草的产量和品质更是差强人意,致使无法满足当地畜牧业的可持续发展。紫花苜蓿 (*Medicago sativa*) 作为“牧草之王”,是世界上广泛种植的一种多年

生牧草,不仅产量高,营养价值丰富,而且适口性好。发展以紫花苜蓿为基础的畜草生产,是减轻我国粮食压力、提高农牧民收入、发展草牧业、保障人民生活水平的必要措施。然而,在苜蓿产业的规模化、集约化、专业化生产下出现了大面积紫花苜蓿养分供应不足的问题,特别是有机氮肥的来源。若采用大量施用化肥来满足其氮肥需求,生产成本增加且饲草质量难以达到绿色食品标准,而为紫花苜蓿接种根瘤菌,利用根瘤菌与紫花苜蓿共生固氮技术,则不失为一种解决问题且经济有效的好办法。根瘤菌可与苜蓿形成共生关系,在苜蓿根部结瘤固氮,可以定

[收稿日期] 2023-04-21

[基金项目] 甘肃省科技重点研发项目《河西走廊紫花苜蓿增产提质增效关键技术集成与产业化示范》(20YF3NG040)

[作者简介] 马娅杰(1982-),男,甘肃甘州人,本科,高级畜牧师,主要从事草原生态保护及草业推广。E-mail: 191972582@qq.com

殖于组织中,还可以使共生体从空气中固氮的总量达到 200~400 kg·hm⁻²。目前,美国约 80%的紫花苜蓿在播种前进行根瘤菌接种,在加拿大和澳大利亚,紫花苜蓿接种根瘤菌技术已被普遍接受。本研究选择张掖乃至甘肃河西走廊具有代表性的农业灌溉区作为试验地,开展紫花苜蓿根瘤菌接种试验,研究根瘤菌接种对不同紫花苜蓿品种生长性能和营养成分的影响,为甘肃河西走廊同类地区有效利用、大面积推广根瘤菌接种紫花苜蓿和优质品种种植提供科学依据。

1 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能试验材料与与方法

表 1 供试紫花苜蓿品种

品种	休眠级	休眠类型	产地	来源
甘农 3 号	2.0	休眠型	中国 China	甘肃农业大学
三得利	5.0	休眠型	加拿大 Canada	百绿国际草业(北京)有限公司
旱地	3.0	秋眠型	美国 America	克劳沃(北京)生态科技有限公司
WL343	4.0	休眠型	美国 America	北京正道种业有限公司
巨能 601	6.0	非秋眠型	加拿大 Canada	克劳沃(北京)生态科技有限公司
威神	4.4	半秋眠型	丹麦 Denmark	克劳沃(北京)生态科技有限公司

1.2.2 供试根瘤菌 供试根瘤菌为巧农苜蓿专用根瘤菌肥,从甘肃鸿远生物科技有限公司购买。

1.3 试验方法

1.3.1 试验设计 试验设 6 个处理组,每个处理组各设 1 个对照,分别以 CK 和试验组代表。CK 为对照,未接种处理;试验组为接种处理。随机区组排列,重复 3 次,每个处理 15 m²,小区间距 60 cm,播种量 30 kg·hm⁻²。播种期 2019 年 4 月 20 日,撒播,田间管理同当地大田,满足水肥供应,现蕾期刈割。

1.3.2 根瘤菌接种 将供试紫花苜蓿种子和根瘤菌干粉按照每 1 kg 种子拌根瘤菌 0.14 kg 的比例在试验地阴凉处进行均匀拌种,拌种后随即进行播种。

1.4 测定指标及检测方法

越冬率:每个小区随机选取 0.25 m²,标记后分别在入冬前和次年返青期测定成活株数。

分枝数:在现蕾期,随机选取 10 株紫花苜蓿测定,取平均值。

株高:刈割前随机选取 10 株紫花苜蓿,自地面至生长点测量,取平均值。

产草量:现蕾期整小区刈割测产,刈割 4 茬,留茬 5 cm。每次刈割后称鲜重,根据干鲜比计算干草

1.1 试验地概况

试验地位于甘肃省张掖市甘州区党寨镇,东经 100°28'~100°31',北纬 38°47'~38°50',海拔 1356 m。属于温带大陆性干旱气候,年平均气温 7℃,年平均降水量为 129 mm,年平均温度 7℃,年平均相对湿度 52%,无霜期 148 d,≥0℃的活动积温 3390.6℃,≥10℃的活动积温 2870℃,光热资源极为丰富。土壤类型为壤质灰棕漠土,引水灌溉条件好,适宜作物生长。

1.2 试验材料

1.2.1 供试紫花苜蓿品种 供试紫花苜蓿品种 6 个,其中国外品种 5 个,国内品种 1 个,具体供试品种见表 1。

产量。

接瘤量:在苗龄 60 d 时,随机选取 10 株紫花苜蓿,挖出根部,在水中清除附着土壤后计数。

营养品质:每次刈割后采取四分法在三个重复单元各随机抽取 1000 g 草样,在实验室用烘箱 105℃杀青 0.5 h,65℃下烘干 24 h,取出粉碎过 40 目筛,装袋使用。

粗蛋白(CP)测定采用凯氏定氮法,中性洗涤纤维(NDF)和酸性洗涤纤维(ADF)测定采用 Van Soest 法,磷(P)含量采用流动注射分析仪测定。相对饲喂价值(RFV)采用下列公式计算:

$$DMI = 120/NDF$$

$$DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF$$

$$RFV = DMI \times DDM \times 0.775$$

公式中:DMI 为粗饲料干物质的随意采食量,DDM 为可消化干物质。

综合评价:使用灰色关联分析法。计算公式如下:

$$\text{绝对离差 } \Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)| \quad (1)$$

$$\text{关联系数 } \epsilon_i(k) =$$

$$\frac{\max_i \min_k \Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)}{\Delta_i(k) + \rho \max_i \max_k \Delta_i(k)} \quad (2)$$

$$\% \text{ 等权关联度 } \gamma_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \epsilon_i(k) \quad (3)$$

$$\omega_i = \frac{\gamma_i}{\sum \gamma_i} i\omega \quad (4)$$

$$\gamma'_i = \sum_{k=1}^n \omega_i(k)\epsilon_i(k) \quad (5)$$

根据关联度分析原则,关联度越大,表明供试品种与最优指标及相似程度越高,其综合性状评价表现越优,反之,则表明综合性状评价表现越差。

1.5 数据分析

利用 Excel 10.0 软件对试验数据进行整理、计算、制表,采用 SPSS17.0 统计软件进行 T 检验和单因素方差分析,比较不同紫花苜蓿品种接种处理和不同茬次间的差异显著性。

2 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能及营养价值结果与分析

2.1 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿越冬率和分枝数的影响

表 2 可知,不同品种紫花苜蓿越冬率接种较未接种差异显著($P < 0.05$),平均提高 6.08%,其中威神、甘农 3 号和巨能 601 涨幅均超过平均值,威神涨幅最高,达 7.7%。甘农 3 号和旱地在未接种和接种后的越冬率较其它品种均表现突出,差异显著($P < 0.05$)。这说明越冬率与品种自身休眠级相关,休眠级越低抗寒性越强,而接种根瘤菌可明显提高紫花苜蓿越冬率。不同品种紫花苜蓿分枝数接种较未接种差异不显著($P > 0.05$),但有一定程度增加,其中巨能 601 增幅最高。三得利在未接种和接种后的分枝数较其它品种均表现最好,差异显著($P < 0.05$)。说明在同一种植条件下接种根瘤菌对紫花苜蓿的分枝数影响并不显著。

表 2 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿越冬率和分枝数的影响

品种	越冬率		分枝数	
	CK	试验组	CK	试验组
甘农 3 号	90.29±0.89Ba	96.06±0.93Aa	9.66±0.33Aa	10±0.57Ab
三得利	80.41±0.51Bb	87.03±0.14Ab	10.66±0.88Aa	11.33±0.33Aa
旱地	89.49±0.59Ba	93.66±0.83Aa	8.66±0.66Ab	10±0.57Ab
WL343	85.16±0.58Bb	91.07±0.95Ab	7.33±0.33Aab	8.33±0.33Ac
巨能 601	79.90±0.25Bb	86.21±0.49Ab	8.33±0.33Ab	8.66±0.33Ac
威神	81.04±0.71Bb	88.74±0.86Ab	7.66±0.33Aab	8.66±0.33Ac

注:同列不同字母表示差异显著($P < 0.05$)。不同大写字母表示同一品种间差异显著($P < 0.05$),不同小写字母表示不同品种间差异显著($P < 0.05$)。下同

2.2 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿株高的影响

表 3 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿株高的影响

品种	株高									
	CK					试验组				
	1 茬	2 茬	3 茬	4 茬	平均株高	1 茬	2 茬	3 茬	4 茬	平均株高
甘农 3 号	90±	85.3±	78.33±	71.33±	81.25±	93.66±	87.66±	80.66±	72.66±	83.6±
	2.88a	1.45ab	0.33a	0.33a	0.75Ba	1.85a	2.66ab	1.45a	0.33ab	0.16Aab
三得利	91±	88.33±	76.66±	72.33±	82.08±	95.33±	92.33±	79.66±	75.66±	85.75±
	0.57a	0.33a	0.33a	0.33a	0.16Ba	1.45a	1.45a	0.88ab	1.20a	0.86Aa
旱地	91.66±	81.33±	73.33±	68.33±	78.66±	96.66±	85±	75.66±	70.33±	81.91±
	1.66a	2.4b	.66b	0.66ab	0.46Bb	1.66a	1.73b	0.88b	1.20b	0.16Abc
WL343	86.66±	82.33±	67.66±	60±	74.16±	91.66±	89±	73.33±	64.33±	79.58±
	1.66a	2.33b	1.45c	1.15c	0.22Bc	1.66a	0.57ab	1.66c	1.20c	0.36Ac
巨能 601	85±	83±	77.25±	67±	78.33±	89.25±	86.25±	79.75±	69.75±	82.41±
	3.53a	1.41b	1.10a	1.73b	0.92Bb	4.15a	1.31b	1.70ab	1.65b	0.82Ac
威神	90.5±	84±	75ab	62.5±	77.75±	97.5±	91.5±	75.5±	63.5±	80.58±
	4.5a	1.00ab		0.50c	0.76Ab	2.50a	6.5ab	0.50b	0.50c	1.92Abc

表 3 可知,不同品种紫花苜蓿平均株高除威神外,接种较未接种差异显著($P < 0.05$),平均增加 3.6 cm, WL343 增幅最高,达 5.42 cm。三得利和甘农 3 号在未接种和接种后的平均株高较其它品种均表现突出,均在 80 cm 以上,其中三得利表现最好,较其它品种差异显著($P < 0.05$)。不同品种紫花苜蓿在未接种和接种后的平均株高茬次间均表现出第 1 茬最高,平均增幅最大,且第 1 茬品种间差异不显著($P > 0.05$),而在其它茬次间,各品种表现不一,品种间差异显著($P < 0.05$),其中甘农 3 号和三得利表现突出。不同品种紫花苜蓿在茬次间平均增幅依次为第 1 茬 4.87 cm,第 2 茬 4.56 cm,第 3 茬 2.72 cm,第 4 茬 2.46 cm。总体来看,接种根瘤菌可有效提高紫花苜蓿株高,以第 1 茬最高,平均增幅最大。但随刈割茬次增加,紫花苜蓿在未接种和接种后的株高均呈现出下降趋势,说明接种根瘤菌与刈割茬次无关,主要取决于品种自身特性。

表 4 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿产量的影响

品种	干草产量														
	CK					试验组									
	1 茬	2 茬	3 茬	4 茬	总产	1 茬	2 茬	3 茬	4 茬	总产					
甘农 3 号	11737.87±6574.59	5554.77±2425.21	6573.11±15146.11	7239.61±5724.76	3353.04±7865.88	100.05b	28.70a	32.01a	24.01b	18.18Bb	101.51a	1q2.00c	38.12c	56.66a	46.07Ab
三得利	13404.03±6107.58	5836.41±3275.78	7155.95±14370.28	7566.44±7032.85	3561.78±8132.83	194.15a	16.27b	41.61a	48.55a	74.59Ba	248.48ab	41.67bc	87.35ab	21.177a	16.32Aa
旱地	11993.99±5937.21	5314.06±2481.93	6431.82±13425.41	7959.97±6469.23	4426.38±7788.06	225.57b	182.08b	133.75ab	56.60b	50.03Bb	525.89bc	253.83ab	316.44b	1129.17a	61.22Ab
WL343	11554.93±5941.17	5057.88±2554.84	6275.36±12477.96	7213.92±6087.42	3142.99±7230.57	90.37b	70.06b	7.70bc	77.02b	56.06Bc	166.56cd	10.326c	20.79bc	50.66a	58.99Ad
巨能 601	9115.66±6040.35	5006.05±2885.88	5761.99±13747.13	7449.94±6246.35	3375.40±7704.70	69.88d	48.53b	153.42c	69.45c	27.47Be	381.24b	41.80c	27.91bc	17.26a	106.40Abc
威神	10468.82±6108.56	4931.11±2466.94	5983.66±12246.12	8133.39±7136.90	2854.76±7592.79	118.48c	70.81b	84.58c	88.06b	19.33Bd	304.99d	35.06a	153.84a	26.68a	54.86Ac

2.4 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿接瘤量的影响

表 5 可知,不同品种紫花苜蓿分枝期的接瘤数接种较未接种差异显著($P < 0.05$),平均增加 17 个·株⁻¹,其中以巨能 601 表现最好,接瘤数达 49 个·株⁻¹,平均增加 24.67 个·株⁻¹,增长 100.04%。不同品种紫花苜蓿现蕾期接瘤数除甘农 3 号外,其它品种较未接种均差异显著($P < 0.05$),平均增加 4 个·株⁻¹,其中以巨能 601 和威神表现突出,分别为

2.3 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿产量的影响

表 4 可知,不同品种紫花苜蓿干草产量接种较未接种差异显著($P < 0.05$),平均增产 1 355.49 kg·hm⁻²,提高 21.3%,其中巨能 601 增幅最高,达 1 942.71 kg·hm⁻²,提高 33.71%。三得利在未接种和接种后的干草产量较其它品种均表现最好,差异显著($P < 0.05$),接种后提高 19.67%。不同品种紫花苜蓿在未接种和接种后茬次内表现不一,品种间差异显著($P < 0.05$),但均表现出第 1 茬最高,平均增幅最大。茬次间平均增幅依次为第 1 茬 2 189.61 kg·hm⁻²,第 2 茬 1 475.64 kg·hm⁻²,第 3 茬 1 166.21 kg·hm⁻²,第 4 茬 770.63 kg·hm⁻²。第 1 茬干草产量较其它茬次分别提高了 48.38%、87.76 和 184.13%。总体来看,接种根瘤菌可有效提高紫花苜蓿干草产量,以第 1 茬最高,平均增幅最大。紫花苜蓿的产量与株高呈正相关,随刈割茬次增加,紫花苜蓿在未接种和接种后的干草产量均呈现出下降趋势。

39 和 38 个·株⁻¹,分别增加 7 和 6 个·株⁻¹,增长 23.18 和 17.36%。且分枝期接瘤数较现蕾期平均多 13 个·株⁻¹。这说明,接种根瘤菌可有效提高紫花苜蓿单株根瘤数,且分枝期接瘤数要远大于现蕾期。其原因可能是紫花苜蓿在现蕾期本身结瘤能力强,而人为干预后提前了作物结瘤期,使其在分枝期接瘤数猛增,以促进前期生长。其中巨能 601 的接瘤数增幅与干草产量增幅均较其它品种优异,说明此品种对供试根瘤菌的敏感性更强。

表 5 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿接瘤量的影响

品种	分枝期接瘤量 (个·株 ⁻¹)		现蕾期接瘤量 (个·株 ⁻¹)	
	CK	试验组	CK	试验组
甘农 3 号	26.00±0.57Ba	37.33±0.33Ade	34.33±0.33Aa	36.00±0.57Ab
三得利	25.33±0.33Ba	36.00±0.57Ade	32.66±0.33Bab	34.66±0.33Ab
旱地	24.00±0.57Bab	38.33±0.88Ac	33.66±0.88Aa	35.33±0.66Ab
WL343	22.66±0.66Bb	40.00±1.15Ac	32.00±0.57Bb	36.00±1.00Ab
巨能 601	24.66±0.33Ba	49.33±0.66Aa	31.66±0.88Bb	39.00±0.57Aa
威神	23.33±0.33aBb	46.33±0.88Ab	32.66±0.33Bab	38.33±0.33Aa

2.5 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿营养品质的影响

表 6 可知,不同品种紫花苜蓿粗蛋白(CP)含量接种较未接种差异显著($P < 0.05$),平均含量达 21.52%,提高 2.17 个百分点,其中甘农 3 号和巨能 601 表现突出,分别提高 2.43 和 2.9 个百分点;相对饲喂价值(RFV)接种较未接种差异不显著($P > 0.05$),但均有一定程度提高,其中三得利、甘农 3 号和旱地较其他品种表现突出,差异显著($P < 0.05$);酸性洗涤纤维(ADF)在未接种和接种后品种间均

差异显著($P < 0.05$),其中三得利和甘农 3 号表现突出,较未接种分别降低了 1.34 和 1.3 个百分点;中性洗涤纤维(NDF)在未接种和接种后品种间均差异显著($P < 0.05$),其中三得利、甘农 3 号和旱地较未接种有所提高,分别提高了 1.07、0.47 和 0.4 个百分点。总体来看,接种根瘤菌可有效提高紫花苜蓿粗蛋白(CP)含量,但对酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)和相对饲喂价值(RFV)的影响并不明显。

表 6 不接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿营养品质的影响

%

品种	营养品质							
	CK				试验组			
	CP	ADF	NDF	RFV	CP	ADF	NDF	RFV
甘农 3 号	20.11±0.36Ba	38.90±0.40a	28.93±0.95a	158.71±2.04Aab	22.54±0.57Aa	37.56±0.49a	29.40±0.52a	163.45±1.17Aa
	19.56±0.96Bab	38.76±0.48a	28.46±0.54a	160.13±1.01Aa	21.70±0.84Aab	37.46±0.58a	29.53±0.65a	163.64±1.72Aa
三得利	18.97±0.74Bab	38.80±0.47a	30.86±0.44b	155.51±1.16Aab	20.91±0.29Abc	37.73±0.35ab	30.9±0.38ab	159.84±1.62Aa
	19.73±0.50Bab	39.00±0.27b	31.33±0.38bc	153.85±1.71Ab	21.62±0.26Aab	39.00±0.30c	30.96±0.33ab	154.51±.83Ab
WL343	19.20±0.90Bab	38.83±0.38ab	31.16±0.33b	154.83±1.93Aab	22.10±0.73Aa	38.73±0.49b	31.00±0.43b	155.55±1.99Aab
	18.54±0.57Bb	38.76±0.42Aab	34.30±0.90c	149.23±2.22Ac	20.26±0.37Ac	38.66±0.31b	34.43±0.67c	149.35±1.48Ac
巨能 601	18.54±0.57Bb	38.76±0.42Aab	34.30±0.90c	149.23±2.22Ac	20.26±0.37Ac	38.66±0.31b	34.43±0.67c	149.35±1.48Ac
	18.54±0.57Bb	38.76±0.42Aab	34.30±0.90c	149.23±2.22Ac	20.26±0.37Ac	38.66±0.31b	34.43±0.67c	149.35±1.48Ac
威神	18.54±0.57Bb	38.76±0.42Aab	34.30±0.90c	149.23±2.22Ac	20.26±0.37Ac	38.66±0.31b	34.43±0.67c	149.35±1.48Ac
	18.54±0.57Bb	38.76±0.42Aab	34.30±0.90c	149.23±2.22Ac	20.26±0.37Ac	38.66±0.31b	34.43±0.67c	149.35±1.48Ac

2.6 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能与品质的灰色关联度分析

选取各供试紫花苜蓿品种在现蕾期的越冬率、分枝数、株高、干草产量、接瘤量、粗蛋白、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、相对饲喂价值等 9 个主要性状指标平均值进行灰色关联度分析,采用判断矩阵法计算各供试品种加权关联度,加权关联度值越大,表

明该品种与最优指标集相似程度越高。反之,则越低。

分别对以上 9 个主要性状指标进行无量纲化处理,利用(1)计算各品种主要性状指标的绝对离差 $\Delta_i(k)$,可得二级最大差为 0.307422,最小二级差为 0,根据公式(2)计算各品种主要性状指标关联系数,其中 ρ 取值 0.5。根据各品种主要性状指标关联系

数,并利用公式(3)计算其等权关联度,计算结果见表7。性状指标权重采用判断矩阵法计算,通过公式(4)计算各品种主要性状指标权重系数,分别为 ω Wintering rate = 0.7407、 ω Branch number = 0.5188、 ω Plant height = 0.8、 ω Hay yield = 0.7647、 ω Tumor amount = 0.7293、 ω CP = 0.7884、 ω ADF = 0.897、 ω NDF = 0.7861、 ω RFV = 0.8276。利用公式(5)计算加权关联度,计算结果见表7。

表7可知,甘农3号等权关联度最高,其次分别是三得利、WL343、威神、巨能601和旱地。三得利加权关联度最高,其次分别是甘农3号、WL343、威神、巨能601和旱地。因此,接种根瘤菌对各紫花苜蓿品种等权关联度和加权关联度分析结果几乎一致。甘农3号和三得利综合性状最优。

表7 不同品种紫花苜蓿关联度及排名

品种	等权关联度	排名	加权关联度	排名
甘农3号	0.88	1	0.67	2
三得利	0.87	2	0.68	1
旱地	0.65	6	0.50	6
WL343	0.75	3	0.58	3
巨能601	0.67	5	0.52	5
威神	0.74	4	0.57	4

3 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能及营养价值讨论

紫花苜蓿的生产性能,是指其生产大量优质草产品或种子的能力,可以用来评价苜蓿生产性能的指标有很多,主要集中为农艺性状指标和营养品质指标。

越冬率是反映苜蓿抗寒性的一个关键指标。抗寒性,是植物在长期低温胁迫适应的过程中逐渐形成的,是植物一种本身的遗传特性。乔依娜研究结果显示,根瘤菌对紫花苜蓿的抗寒性有积极的效应,能够在一定程度上增强苜蓿对逆境的敏感性,迅速对逆境作出反应,并通过自我调节来降低或消除可能的危害,从而减轻低温胁迫对紫花苜蓿植株的伤害,提高紫花苜蓿抗寒能力。刘雨诗研究结果显示,与不接种根瘤菌苜蓿相比,低温胁迫导致根瘤固氮苜蓿较轻的细胞膜损伤和氧化损伤,并且根瘤固氮苜蓿在低温胁迫中叶绿素破坏较不接种根瘤菌苜蓿缓慢,说明根瘤与紫花苜蓿共生可以提高苜蓿抗寒性。本研究中,不同品种紫花苜蓿的越冬率接种较未接种差异显著($P < 0.05$)。说明紫花苜蓿接种根

瘤菌可提高其越冬率,这与前人研究一致。主要是接种根瘤菌的紫花苜蓿能通过提高渗透调节物质和增加保护性蛋白质的含量来提升自身的抗寒性,并激活紫花苜蓿的渗透调节物质维持较高水平来提升其抗寒能力。

分枝数是反映植物生长性能的指标之一,但目前就对紫花苜蓿分枝数的动态变化研究还比较少,且结果不一。在孙启忠等的研究中,苜蓿生长状况随播期不同而不同,播期越早其分枝数越多。李明芳研究结果显示,第1年1级分枝数随播种量的增加而增加。王彦华等研究结果显示,随着紫花苜蓿生长年限的增加,植株的1级和2级分枝数不断增加。本研究中,不同品种紫花苜蓿的分枝数接种较未接种差异不显著($P > 0.05$),这可能与品种自身的遗传特性、播种期、种植密度、种植年限、接种量或根瘤菌的匹配度等综合因素有关。

株高是衡量紫花苜蓿生长状况的一个重要指标,也是其产量高低的特征量。由于遗传特性、人为干预以及生态环境响应机制不同,致使其株高有所差异。本研究中,不同品种紫花苜蓿的平均株高除威神外,其他品种接种较未接种差异显著($P < 0.05$)。各品种在未接种和接种后均表现出随刈割茬次增加,株高均呈现出下降趋势,且第1茬株高最高。接种后,第1茬平均增幅最大。这说明接种根瘤菌可有效提高紫花苜蓿株高。这与罗彦昕接种根瘤菌为土壤和作物提供氮素,增强土壤肥力,促进植株高生长的研究一致。

产草量是衡量紫花苜蓿生产性能的最重要指标,也是评价其品种优劣的关键特征。而人为接种根瘤菌又可有效提高紫花苜蓿根系的接瘤数和产草量。这与高振生等、喻文虎等前人研究一致。本研究中,不同品种紫花苜蓿在接种根瘤菌后可使其单株根瘤数得到提升,且分枝期接瘤数要远大于现蕾期。不同品种紫花苜蓿干草产量与株高呈正相关,较未接种差异显著($P < 0.05$)。各品种干草产量在未接种和接种后均随刈割茬次增加,呈现出下降趋势,表现出第1茬最高,平均增幅最大。说明接种根瘤菌可明显提高紫花苜蓿的产草量。其原理可能是紫花苜蓿在自然生长环境下,接瘤时间迟,量少且多为无效根瘤。而人为干预后,加快了菌根侵染,使其提前形成了有效根瘤,促使共生固氮能力自幼苗期就得以增强,在分支期接瘤数猛增,达到峰值,从而延长了紫花苜蓿从空气中获取氮素的时间,使其产量增加。其中巨能601的接瘤数和产量增幅突出,说明此品种对供试根瘤菌的敏感性更强。

营养成分是反映紫花苜蓿品质的关键指标,其中 CP、ADF 和 NDF 的含量,可直观反应其营养价值。其中 CP 含量越高,营养价值越高。ADF 和 NDF 含量越低,家畜的消化率和采食量越高。RFV 值越高,牧草品质越高。李莎莎等研究发现根瘤菌共生紫花苜蓿的可溶性蛋白显著增加。叶宝宏等研究发现根瘤菌共生紫花苜蓿对于促进中性洗涤纤维不溶蛋白和酸性洗涤纤维不溶蛋白含量的增加具有明显的促进作用。本研究中,不同品种紫花苜蓿的 CP 含量接种较未接种差异显著($P < 0.05$)。ADF、NDF 和 RFV 接种较未接种差异并不显著($P > 0.05$)。说明接种根瘤菌可促进紫花苜蓿茎叶中粗蛋白的形成,提升 CP 含量,但对 ADF 和 NDF 影响并不显著。可能是根瘤菌的接种量并未达到相应紫花苜蓿品种的匹配值,或是供试紫花苜蓿品种对供试根瘤菌的敏感性不强,不是最佳匹配。

4 接种根瘤菌对不同品种紫花苜蓿生产性能及营养价值结论

通过比较分析接种根瘤菌对 6 个紫花苜蓿品种的影响可知,紫花苜蓿接种根瘤菌可有效提高其越冬率、株高、接瘤数、产草量和粗蛋白含量,是提高其产量和品质的有效措施之一,可大面积推广应用。6 个紫花苜蓿品种中“甘农 3 号”在越冬率和 CP 含量方面表现优异;“三得利”在分枝数、株高、产草量和 RFV 方面表现优异;“巨能 601”在接瘤数和 CP 含量上表现优异。通过灰色关联法进行权重比较,“三得利”和“甘农 3 号”接种根瘤菌综合表现突出,适宜在张掖市乃至甘肃河西走廊同类农业灌溉区紫花苜蓿种植中大面积推广应用。

参考文献:

[1] 周泉佚,马先锋,曹志东,等. 旱地覆膜条件下 8 个紫花苜蓿品种生产性能比较研究[J]. 畜牧兽医杂志, 2016, 35(4):30-33.

[2] 王晓龙,王晓燕,米福贵. 浅谈畜牧业饲草料发展存在的问题及建议[J]. 草原与草业, 2018, 30(2): 4-7.

[3] 付萍. 根瘤菌对箭筈豌豆结瘤固氮的影响[J]. 草业科学, 2016, 33(4): 584-588.

[4] PROVOROW N A, S AIN NWAROV U B TANRIVERNDEV T A. The comitributions of plant and bacteria gen otypes in theg rowth and nir. trgen acum ulation of in oculated alfalfa[J]. Plant and SoiL, 1994 164: 213-219.

[5] 曾昭海,隋新华胡跃高. 紫花苜蓿一根瘤菌高效共生体筛选及田间作用效果[J]. 草业学报, 2004, 13(5): 95-100.

[6] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2007.

[7] 方爱国,李春杰. Neotyphodium 属禾草内生真菌和球囊霉属菌根真菌对野大麦生长的影响[J]. 草业科学, 2014, 31(3): 457-461.

[8] 彭安琪,李小梅,王红,等. 8 种一年生饲料作物生产性能及相对饲用价值[J]. 草业科学, 2019, 36(2): 510-521.

[9] 金玉国. 一种测定权数的新方法: 灰色系统关联分析法[M]. 统计教育, 北京: 中国统计出版社, 2002.

[10] 杨秀芳,梁庆伟,娜日苏,等. 24 个紫花苜蓿品种在阿鲁科尔沁旗的生产性能评价[J]. 草地学报, 2018, 26(4): 1038-1042.

[11] 陈洁. 不同土壤条件下 20 个紫花苜蓿品种农艺性状及营养价值的比较[D]. 长春: 东北师范大学, 2017: 1-56.

[12] 方珊珊. 不同苜蓿品种秋眠特性与生产性能研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2015: 1-47.

[13] 陈玲玲,杨秀芳,乌艳红,等. 35 个紫花苜蓿品种在内蒙古赤峰地区的生产性能评价[J]. 草业科学, 2012, 29(5): 790-797.

[14] 乔依娜. 根瘤菌共生对紫花苜蓿抗寒能力影响的研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014: 1-28.

[15] 刘雨诗,耿金才,宋江湖,等. 根瘤共生对紫花苜蓿抗寒性的影响[J]. 草地学报, 2018, 26(3): 631-638.

[16] 撒多文,贾玉山,格根图,等. 不同苜蓿品种根瘤菌接种对其蛋白含量的影响[J]. 中国草地学报, 2020, 42(2): 124-129.

[17] 孙启忠,桂荣,韩建国. 赤峰地区敖汉苜蓿冻害及其防御技术[J]. 草地学报, 2001, 9(1): 50-57.

[18] 李明芳,张尚宁. 紫花苜蓿种植密度试验研究[J]. 山西农业科学, 2007(1): 62-63.

[19] 王彦华,李德锋,齐胜利,等. 播种量和品种对紫花苜蓿分枝数和株高的影响[J]. 草业学报, 2017, 3(26): 183-190.

[20] 罗彦昕. 紫花苜蓿根瘤菌接种效果研究[J]. 防护林科技, 2020, 6(6): 19-21.

[21] 郭海明,于磊,林祥群. 新疆北疆绿洲区 4 个紫花苜蓿品种生产性能比较[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 72-76.

[22] 高振生,马其东,牛志强,等. 沿海滩涂地区苜蓿根瘤菌接种方法和效果的研究[J]. 草地学报, 1996(4): 288-293.

[23] 喻文虎,杨鹏翼,贾德荣. 红豆草、紫花苜蓿根瘤菌接种研究[J]. 草业科学, 1995(3): 24-25.

[24] 李莎莎,张志强,呼天明,等. 根瘤菌共生对低温胁迫下紫花苜蓿抗寒生理变化的影响[J]. 草地学报, 2016, 24(2): 377-383.

[25] 叶宝宏,柠条、沙柳、沙棘、紫穗槐茎秆中酸性和中性洗涤不溶蛋白的测定及比较[J]. 价值工程, 2016, 35(27): 150-151.