

8个紫花苜蓿品种在拉萨河谷区的产质和土壤改良评价

片 多,益西央宗*,尼玛仓决,次 珍

(青稞和牦牛种质资源与遗传改良国家重点实验室/西藏自治区农牧科学院草业科学研究所,西藏 拉萨 850000)

摘 要:为筛选适应拉萨河谷区与土壤改良双效益显著的优质紫花苜蓿品种,于2019—2021年在西藏自治区农牧科学院草业研究所试验站对“驯鹿”“斯贝德”“巨能”“3010”“WL319HQ”“WL712HQ”“WL298HQ”和“WL656HG”(分别记为P1、P2、P3、P4、P5、P6、P7和P8)等8个紫花苜蓿品种(系)的产量和品质进行比较,并应用养分综合评价值对其土壤质量改良效果进行综合评价。结果表明,P6综合表现最好,一是其生产性能表现较好,3茬总鲜、干草产量最高,分别为70 665.32、21 667.00 kg/hm²,分别较其他品种显著增加了9.58%~94.61%和7.61%~113.29%,因平均株高最高(82.6 cm),较其他品种显著高出12.84%~32.37%(P5和P7除外)。二是其品质性状较优,相对饲喂价值显著高于其他品种(除P5外),因粗蛋白含量最高(19.8%),较其他品种显著高出7.03%~15.79%(除P7外),且粗纤维、酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维均较低。为确保营养品质优,可将刈割时间适当提前。三是其土壤改良效果显著,养分综合评价值显示,种植P6对土壤改良效果最好,因种植后有机质、碱解氮和速效钾含量最高,较未种植紫花苜蓿的土壤分别显著增加117.05%、127.19%和21.31%。综上,P6适合在拉萨河谷区及类似的气候土壤条件下大面积推广种植。

关键词:紫花苜蓿;营养价值;土壤改良;综合评价

中图分类号:S541

文献标志码:A

Evaluation on Yield and Soil Improvement of Eight Alfalfa Varieties in Lhasa Valley

Pianduo, Yixiyangzong*, Nimacangjue, Cizhen

(State Key Laboratory of Highland Barley and Yak Germplasm Resources and Genetic Improvement/Institute of Pratacultural, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tibet Lhasa 850000, China)

Abstract: In order to select high-quality alfalfa varieties with significant benefits for both yield and soil improvement in the Lhasa river valley region, from 2019 to 2021, the yield and quality of Reindeer, Spide, Juneng, 3010, WL319HQ, WL712HQ, WL298HQ and WL656HG (denoted as P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 and P8 respectively) were compared at the experimental station of Institute of Pratacultural, Tibet Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, and the nutrients comprehensive evaluation value was applied to comprehensively evaluate the effect of their soil quality improvement. The results showed that the comprehensive characters of P6 alfalfa were excellent. Firstly, its production performance was good. The total fresh and hay yield was the highest with 70 665.32 and 21 667.00 kg/hm², which significantly increased 9.58%~94.61% and 7.61%~113.29% compared with other varieties, respectively. The average plant height of P6 was the highest (82.6 cm), significantly higher than that of other varieties by 12.84%~32.37% (except P5 and P7). Secondly, its nutritional quality was good. The relative feeding value was significantly higher than that of other varieties (except P5) because of the highest crude protein content (19.8%), which was significantly higher than other varieties by 7.03%~15.79% (except P7), and crude fiber, acid detergent fiber and neutral detergent fiber were all low. In order to ensure high nutritional quality, the cutting time could be appropriately advanced. Thirdly, its soil improvement effect was significant. The comprehensive nutrient evaluation value showed that P6 had the best effect on soil improvement. Because the organic matter, alkali-hydrolyzable nitrogen and available potassium were the highest, they had a significant increase of 117.05%, 127.19% and 21.31% respectively compared with the soil without alfalfa. In summary, P6 was suitable for large-scale planting in the Lhasa river valley and other areas with similar climate and soil conditions.

Key Words: alfalfa; nutritional value; soil improvement; comprehensive evaluation

收稿日期:2021-12-07

基金项目:8种引进的紫花苜蓿品种在拉萨河谷地区适应性评价项目(XZNKY2021C014Z09);国家牧草产业体系拉萨综合试验站项目(CARS-34)。

作者简介:片多(1994-),女,研究实习员,主要从事草业研究工作,E-mail:805520201@qq.com;*为通讯作者:益西央宗(1992-),女,研究实习员,主要从事草业研究工作,E-mail:yx032336@163.com。

西藏以畜牧业为主,其种植业主要分布在拉萨河谷区。该区牧草生产的季节不平衡和营养不平衡已成为制约西藏草地畜牧业发展的瓶颈^[1]。加之西藏生产、旅游等人为活动的加强,以及对牲畜需求的稳定增长,导致该区草地退化严重,草畜矛盾明显增加^[2-3]。缓解这一矛盾的有效途径是选择适宜拉萨河谷区气候条件的高产优质饲草品种,对当地的畜牧生产及生态保护都有重要意义。

紫花苜蓿(*Medicago sativa* L.)是多年生豆科牧草,抗逆性强、适口性好,有“牧草之王”的美称^[4]。除了可以作为饲草,它还可以通过共生固氮来获取空气中的N,增加土壤肥力,提升豆科牧草的产量和营养品质^[5]。1980年王振飞等^[6]的引种试验表明,西藏河谷地区引进紫花苜蓿潜力巨大。陈裕祥等^[7]的引种试验报告中针对紫花苜蓿的物候期、越冬能力、生长速度、产草能力、种籽繁殖能力等进行了系统研究,是真正全面认识紫花苜蓿在西藏河谷地区的生产性能的开始。此后,随着西藏草产业的迅速发展,国内外有关紫花苜蓿育种及品种适应性的研究相继大量出现^[8-10]。目前紫花苜蓿的栽培利用品种繁多,以往研究偏重于生产性能和品质性状的评价^[11-12],而将植株性状和土壤性质进行综合评价的报道少见。因此,为了筛选出适合西藏河谷区产量与品质以及土壤改良双效益显著的优质紫花苜蓿品种,本研究在拉萨河谷区开展8个紫花苜蓿品种栽培试验,比较其生长性能、营养品质及土壤改良效果,将有助于该地区及相似生态区对紫花苜蓿品种的选择,以期西藏河谷区紫花苜蓿生产及大面积推广种植提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于西藏自治区拉萨市达孜县曲尼帕村(N 29°48', E 91°36'),该地区位于青藏高原中部,海拔3 750 m,属高原季风温带半干旱气候类型,全年日照时间在3 000 h以上,年平均气温7.4℃,年降雨量200~510 mm,降雨主要集中在6—9月,年无霜期100~120 d。土壤类型为粉砂壤土,土壤基本理化性质为:pH值8.68,有机质12.67 g/kg,全氮0.05%,全磷0.50 g/kg,全钾23.23 g/kg,碱解氮36.37 mg/kg,有效磷3.70 mg/kg,速效钾36.00 mg/kg。

1.2 供试材料

供试材料由西藏自治区农牧科学院草业研究所提供,共8个紫花苜蓿品种(见表1)。

表1 8个紫花苜蓿品种名称及来源

编号	品种	原产地
P1	驯鹿	加拿大
P2	斯贝德	加拿大
P3	巨能	美国
P4	3010	加拿大
P5	WL319HQ	美国
P6	WL712HQ	美国
P7	WL298HQ	美国
P8	WL656HG	美国

1.3 试验设计

将8个品种采用随机区组设计,每个品种3次重复,小区面积3 m×5 m。紫花苜蓿人工草地采用人工开沟条播,播量20 kg/hm²,播种后及时压实,田间管理措施同常规。开花期刈割1次,年刈割3茬,刈割后及时浇水。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 株高测定

分别于2021年5月20日、6月10日、6月24日和8月18日,每个小区随机抽取10株苜蓿,每株自地面量至生长点,求其平均值。

1.4.2 产质测定

每个小区随机确定面积为1 m²的样方,刈割称重,记录鲜质量数据,刈割3茬(2021年6月24日、8月18日和10月19日)。刈割后鲜草带回实验室置于烘箱中,在60~65℃温度下烘干至恒重,记录干质量数据,每次刈割后的鲜干质量综合为年总产量。将烘干样品粉碎送样检测其营养成分。粗蛋白(CP)测定方法参照GB 5009.5-2016;脂肪(EE)测定方法参照GB 5009.6-2016;粗纤维(CF)测定方法参照GB/T 5009.10-2003;酸性洗涤纤维(ADF)测定方法参照NY/T 1459-2007;中性洗涤纤维(NDF)测定方法参照GB/T 20806-2006。

干物质消化率(DDM)、干物质采食量(DMI)和相对饲喂价值(RFV)计算公式如下^[13]:

DMI(%BW)=120/NDF(%DM)

DDM=88.9-0.779×ADF(%DM)

RFV=DDM×DMI×0.775

1.4.3 土壤养分测定

分别在种植和周边未种植紫花苜蓿的地块采用五点取样法用土钻取0~20 cm土层土样, 掰碎混合后, 按4分法取样, 用自封袋装好带回实验室, 风干并过筛检测土壤养分。pH值采用pH计测定; 有机质(OM)采用重铬酸钾容量法; 全氮(TN)采用半微量凯氏定氮法, 碱解氮(AN)采用碱解扩散法; 全磷(TP)采用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法; 有效磷(AP)采用碳酸氢钠浸提—分光光度法; 全钾(TK)采用氢氧化钠熔融—火焰光度计法; 速效钾(AK)采用NH₄OAc浸提—火焰光度法。

土壤养分综合评价(Nutrient comprehensive evaluation value, NCEV)计算公式如下^[14]:

$$R_m = A_m / A_{mck}$$

$$NCEV = \frac{1}{n} \sum_{m=1}^n R_m (n=1, 2, \dots, 7)$$

式中, NCEV是7个指标(全磷、全氮、全钾、有效磷、碱解氮、速效钾和有机质)的综合评价值; A_{mck}是对照处理第m个指标的测定值; A_m是某处理第m个指标的测定值; R_m是某处理第m个指标的相对值。

1.5 数据统计与分析

利用Excel和SPSS 22.0软件对数据进行整理及方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同紫花苜蓿品种(系)间生产性能比较

2.1.1 株高比较

从表2可以看出, 5月20日、6月10日、6月24日和8月18日各品种株高分别为34.1~43.3 cm、

59.4~78.4 cm、75.3~105.7 cm和80.9~102.8 cm, P6平均株高最高, 为82.6 cm, 较其他品种高出12.84%~32.37%(除P5和P7外), 差异具有统计学意义。P2平均株高最低, 为62.4 cm, 低于其他品种(除P4外), 差异具有统计学意义。8个品种中P5、P6和P7生长较优。

表2 8个紫花苜蓿品种株高比较 cm

品种	株高				平均株高	排名
	5月 20日	6月 10日	6月 24日	8月 18日		
P1	41.2	70.8	86.3	86.2	71.1bc	5
P2	34.1	59.4	75.3	80.9	62.4d	8
P3	38.5	68.8	82.0	85.1	68.6bc	6
P4	36.6	64.4	80.5	83.9	66.4cd	7
P5	42.3	77.7	103.1	100.9	81.0a	2
P6	43.3	78.4	105.7	102.8	82.6a	1
P7	41.8	76.5	98.9	99.1	79.1a	3
P8	41.6	72	90.7	88.5	73.2b	4

注: 同列不同字母表示差异具有统计学意义(p<0.05), 相同字母表示差异无统计学意义(p>0.05)。表3至表6同。

2.1.2 鲜、干产量比较

从表3可以看出, 鲜、干产量排序顺序: P6>P5>P7>P8>P1>P3>P4>P2, 其中P6总鲜、干产量最高, 分别为70 665.32、21 667.00 kg/hm², 分别较其他品种高出9.58%~94.61%和7.61%~113.29%, 差异具有统计学意义, 而P2总鲜、干产量最低, 低于其他品种, 差异具有统计学意义。

表3 8个紫花苜蓿品种鲜、干产量比较 kg·hm⁻²

品种	第1茬		第2茬		第3茬		总鲜质量	总干质量	排名
	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量	鲜质量	干质量			
P1	23 395.03	5 654.20	14 940.80	4 513.84	15 341.00	4 647.92	53 676.83d	14 815.96d	5
P2	13 099.88	3 502.64	11 872.60	3 021.31	11 339.00	3 634.29	36 311.48g	10 158.25g	8
P3	18 742.70	4 945.30	12 706.35	3 850.41	14 340.50	4 345.89	45 789.55e	13 141.60e	6
P4	18 192.43	4 629.12	12 206.10	3 372.90	12 506.25	3 848.08	42 904.78f	11 850.09f	7
P5	26 566.61	6 829.46	17 908.95	5 116.84	20 010.00	8 189.15	64 485.56b	20 135.45b	2
P6	29 411.37	7 660.17	18 242.45	5 528.02	23 011.50	8 478.81	70 665.32a	21 667.00a	1
P7	24 742.37	6 565.04	17 241.95	4 906.11	17 342.00	5 667.32	59 326.32c	17 138.47c	3
P8	24 652.32	5 706.10	16 975.15	4 585.63	16 174.75	4 979.34	57 802.22c	15 271.07d	4

2.2 不同紫花苜蓿品种(系)间营养品质比较

从表4可以看出,第1茬、第2茬和第3茬紫花苜蓿的CP分别为18.8%~22.2%、17.0%~21.9%和14.4%~16.8%,CF分别为20.1%~28.7%、27.9%~33.2%和31.4%~43.2%,NDF分别为26.7%~37.4%、35.2%~45.7%和39.9%~47.5%,ADF分别为20.6%~30.6%、28.4%~35.5%和32.3%~38.2%。除CP随紫花苜蓿成熟度增加而降低外,CF、NDF和ADF均随其成熟度增加而升高,说明为了提高紫花苜蓿营养品质,应尽可能将刈割时间提前。

从各品种营养成分平均含量可知,CP最高的

为P6,占干物质的19.8%,较其他品种高出7.03%~15.79%(除P7外),差异具有统计学意义。其次是P7,CP为18.8%,与P6的差异无统计学意义。CF、NDF和ADF均较低的品种有P5和P6。

在所有品种中,相对饲喂价值(RFV)排名前三的品种为P5、P6和P7,分别为183.9、175.2和163.2(见表5),其中P5和P6高于其他品种,且差异具有统计学意义。P2相对饲喂价值最低,与其他品种(除P3外)的差异具有统计学意义。说明在所有参试品种中,P6的营养品质最优。

表4 8个紫花苜蓿品种营养品质比较 %

品种	第1茬					第2茬				
	CP	CF	EE	NDF	ADF	CP	CF	EE	NDF	ADF
P1	20.7	22	2.6	27.7	21.9	17.8	30.7	1.3	41.7	34.8
P2	19.8	28.7	2	37.4	30.6	19.4	30.1	1.4	38.7	31.4
P3	19.5	21.9	2.9	29	22.5	19.3	33.2	1.3	45.7	35.5
P4	18.8	24.8	2.4	30.9	24.4	18.2	30.2	1.4	37.5	29.4
P5	19.7	20.1	3	26.7	20.6	19	27.9	1.5	37.3	28.4
P6	22.2	21.4	2.6	27.2	21.9	21.9	28	1.5	35.2	30
P7	21.5	20.6	2.8	27.8	22	19.7	30	1.4	41.5	31.8
P8	21.2	21.9	3	28.3	22	17	30	1.3	42	33.4

品种	第3茬					平均值				
	CP	CF	EE	NDF	ADF	CP	CF	EE	NDF	ADF
P1	17	33.5	2.4	42.4	35.4	P1	18.5b	28.7cd	2.1a	37.3b
P2	15.6	43.2	2	47.5	38.2	30.7ab	P2	18.3b	34.0a	1.8a
P3	15	41.6	2	46.7	36.1	41.2a	33.4a	P3	17.9bc	32.2ab
P4	14.4	37.6	2.2	45.9	37	2.1a	40.5a	31.4ab	P4	17.1c
P5	16.8	38.8	1.9	39.9	32.3	30.9bc	2.0a	38.1b	30.3b	P5
P6	15.4	31.4	2.2	43.4	34.5	18.5b	28.9c	2.1a	34.6c	27.1c
P7	15.2	39.6	2.3	44.5	35.2	P6	19.8a	26.9d	2.1a	35.3c
P8	16.4	34.5	2.4	43.6	34.6	28.8bc	P7	18.8ab	30.1bc	2.2a

注:表中CP、CF、EE、NDF和ADF分别表示粗蛋白、粗纤维、脂肪、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维。

表5 8个紫花苜蓿品种相对饲喂价值比较 %

品种	DMI	DDM	RFV	排名
P1	3.2a	65.0a	161.2b	5
P2	2.9a	62.9a	141.3d	8
P3	3.0a	64.5a	149.9cd	7
P4	3.1a	65.3a	156.9bc	6
P5	3.5a	67.8a	183.9a	1

续表

品种	DMI	DDM	RFV	排名
P6	3.4a	66.5a	175.2a	2
P7	3.2a	65.8a	163.2b	3
P8	3.2a	65.5a	162.5b	4

注:表中DMI、DDM和RFV分别表示干物质消化率、干物质采食量和相对饲喂价值。

2.3 不同紫花苜蓿品种(系)间土壤改良效果比较

从表6可以看出,与对照(CK,未种植紫花苜蓿的土壤)相比,种植紫花苜蓿使土壤pH值降低了0.10~0.35个单位,说明种植紫花苜蓿可以在一定程度上酸化土壤。除TN、TP、TK和AP外,种植紫花苜蓿较大程度上改变了土壤的OM、有效氮(AN)、有效磷(AP)和有效钾(AK)。与对照土壤相

比,种植紫花苜蓿的土壤的OM增加了19.73%~117.05%,差异具有统计学意义,以种植P6的土壤最高,其AN和AK也最高,较CK分别增加127.19%和21.31%,差异具有统计学意义。养分综合评价由高到低排序:P6>P5>P8>P7>P1>P3>P2>P4。说明种植P6对土壤改良效果较好。

表6 8个紫花苜蓿品种土壤改良效果比较

品种	pH值	OM/ (g·kg ⁻¹)	TN/%	TP/ (g·kg ⁻¹)	TK/ (g·kg ⁻¹)	AN/ (mg·kg ⁻¹)	AP/ (mg·kg ⁻¹)	AK/ (mg·kg ⁻¹)	NCEV	排名
CK	8.68a	12.67e	0.05b	0.50a	23.23a	36.37ef	3.70ab	36.00bc	—	—
P1	8.49abc	24.60b	0.06ab	0.48a	24.63a	46.60def	3.23ab	31.33cd	1.174	5
P2	8.49abc	20.13c	0.06ab	0.48a	25.60a	44.77def	2.70b	28.67d	1.079	7
P3	8.44b	15.43d	0.06ab	0.52a	23.80a	52.80ede	4.20ab	38.00ab	1.17	6
P4	8.58ab	15.17d	0.04b	0.47a	24.83a	29.73f	2.37b	26.00d	0.887	8
P5	8.39bc	18.97c	0.08a	0.47a	25.03a	75.37ab	5.70a	38.00ab	1.405	2
P6	8.33c	27.50a	0.09a	0.51a	25.53a	82.63a	5.23a	43.67a	1.572	1
P7	8.44bc	20.95c	0.06ab	0.49a	24.03a	57.40bcd	3.63ab	40.00ab	1.231	4
P8	8.33c	21.40c	0.07ab	0.48a	23.83a	67.27abc	5.50a	43.33a	1.382	3

注:表中OM、TN、TP、TK、AN、AP、AK、NCEV分别表示有机质、全氮、全磷、全钾、有效氮、有效磷、有效钾、土壤养分综合评价值。

3 讨论

3.1 不同紫花苜蓿品种(系)间生产性能的差异分析

紫花苜蓿的株高是构成产量的重要组成部分,也是形成其生产性能的基础,可以用来描述其生长状况和评价产量高低^[15]。本研究结果表明,P6平均株高显著高于其他品种,与P5和P7的差异不具有统计学意义,而P2平均株高最低,低于其他品种,除P4外,差异具有统计学意义。说明各品种间表现出生长高度的差异,这与遗传特性、对环境条件的反应和生长发育阶段的差异有关^[16]。

紫花苜蓿的产量是生产者追求的最终目标,可以用来衡量其生产性能和经济性能,也可直观反映出不同品种对环境的适应性^[17]。本研究表明,3茬总鲜、干草产量最高的是P6,为70 665.32和21 667.00 kg/hm²,分别较其他品种增加了9.58%~94.61%和7.61%~113.29%,差异具有统计学意义,这从品种的株高表现也可以看出,这与大多数研究结果一致^[4,8-9]。

3.2 不同紫花苜蓿品种(系)营养品质的差异分析

反映饲草料营养价值的重要指标之一是粗蛋白质含量^[18]。研究表明,开花期刈割的紫花苜蓿,其CP含量为16%~22%^[18]。本研究显示,3茬平均粗蛋白质含量为14.4%~22.2%,其中第2、3茬粗蛋白含量明显偏低,主要是因为刈割第2、3茬的时间已进入果期。P6粗蛋白含量最高,为19.8%,高于其他品种,除P7外,差异具有统计学意义。ADF和NDF是评价苜蓿被采食潜力和消化率的国际通用指标,其值越高,说明越难被草食动物消化吸收^[17]。本研究结果指出,CF、NDF和ADF均较低的品种有P5和P6。相对饲喂价值排名可以看出,P5、P6和P7营养品质好,主要因为粗蛋白含量高,而酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维较低。

3.3 不同紫花苜蓿品种(系)间土壤改良效果的差异分析

紫花苜蓿和其他豆科植物一样根部生有大量根瘤菌,通过根瘤的作用,可固定空气中的游离氮,增加土壤中氮含量,对提高土壤肥力、改善土壤质

量有重要作用^[19],这与本研究中发现种植紫花苜蓿后显著提高了农田土壤养分含量的结果一致。在土壤养分指标中,改变较大的主要有有机质、碱解氮、有效磷和速效钾,这主要与指标的稳定性有关。本试验结果也表明,P6对土壤改良效果最好,因其与未种植紫花苜蓿的土壤相比,种植P6后土壤的OM、AN和AK分别提高了117.05%、127.19%和21.31%,差异具有统计学意义。

4 结论

对8个紫花苜蓿品种的生产性能、营养品质和土壤改良效果进行综合评价可知,P6在鲜、干草产量,株高、粗蛋白、粗纤维、酸性洗涤纤维、中性洗涤纤维、有机质、碱解氮和有效钾等方面均表现良好,较适宜在拉萨河谷区大面积推广种植。

参考文献:

- [1] 凌辉. 浅论西藏草业产业发展现状与对策[J]. 西藏科技, 2006(2): 24-28.
- [2] 邵伟, 蔡晓布. 西藏高原草原退化及其成因分析[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 112-116.
- [3] 徐增让, 成升魁, 闵庆文, 等. 西藏生态脆弱区人为作用对生态退化的影响[J]. 干旱区地理, 2005, 28(6): 740-745.
- [4] 韩学琴, 邓红山, 廖承飞, 等. 5个紫花苜蓿品种(系)在金沙江干热河谷区品比试验[J]. 中国草食动物科学, 2021, 41(4): 19-26.
- [5] 韦潇, 李小梅, 曾泰儒, 等. 5个紫花苜蓿品种在川中丘陵地区的适应性[J]. 草业科学, 2020, 37(2): 339-347.
- [6] 李生鸿, 王振飞, 扎西, 等. 优良牧草引种试验报告[J]. 中国草原, 1987(3): 54-56.
- [7] 陈裕祥, 杰布, 拉巴, 等. 西藏高原优质牧草引种试验研究报告[J]. 西藏科技, 2002(8): 40-48.
- [8] 张生楹, 李建伟, 罗志娜. 不同品种的紫花苜蓿在尼勒克县的生产性能比较[J]. 新疆畜牧业, 2021, 36(2): 24-27.
- [9] 乔安海, 王晓彤, 马力, 等. 柴达木地区6个紫花苜蓿品种的产量及营养品质综合评价[J]. 青海草业, 2021, 30(3): 2-18.
- [10] 范锴, 闫志坚, 王育青, 等. 鄂尔多斯地区16个紫花苜蓿品种生产性能研究[J]. 中国草地学报, 2021, 43(6): 61-68.
- [11] 朱晓艳, 赵淑敏, 胡梦林, 等. 河南地区苜蓿干草营养价值分析与安全性评价[J]. 河南农业大学学报, [2011-11-05], DOI: 10.16445/j.cnki.1000-2340.20211105.002.
- [12] 高亚敏, 于静, 萨日娜, 等. 16个紫花苜蓿品种在通辽地区气候适宜性试验研究[J]. 畜牧与饲料科学, 2021, 42(1): 91-97.
- [13] 刘杰淋, 王建丽, 申忠宝, 等. 18个引进紫花苜蓿品种生产性能比较研究[J]. 资源开发与利用, 2021(1): 91-95.
- [14] 沈彦辉, 刘文龙, 王怀利, 等. 平和县典型蜜柚果园土壤养分状况综合评价[J]. 安徽农业科学, 2019, 47(6): 156-160.
- [15] 卜耀军, 徐伟洲, 李强, 等. 14个紫花苜蓿品种在农牧交错区的生长特征及品质[J]. 西北农业学报, 2017, 26(10): 1438-1445.
- [16] 孙万斌, 马晖玲, 侯向阳, 等. 20个紫花苜蓿品种在甘肃两个地区的生产性能及营养价值综合评价[J]. 草业学报, 2017, 26(3): 161-174.
- [17] 郑敏娜, 梁秀芝, 韩志顺, 等. 不同苜蓿品种在雁门关地区的生产性能和营养价值研究[J]. 草业学报, 2018, 27(5): 97-108.
- [18] RODRIGO L L, CECILIO V S F, MANOEL G N, et al. Biofertilizer in the nutritional quality of alfalfa (*Medicago sativa*) [J]. Semina: Ciências Agrárias, 2016, 37(3): 1441-1450.
- [19] 阮佳萍, 杜照奎, 吴夏杉, 等. 七种草本植物对台州滩涂盐渍土的改良效果[J]. 湖北农业科学, 2021, 60(16): 50-56.