

doi:10.11733/j.issn.1007-0435.2026.07.014

引用格式:刘帅,王显国,周立业,等.科尔沁沙地春播不同苜蓿品种建植当年生产性能及其与秋眠级之间关系研究[J].草地学报,2026,34(7):2493–2502

LIU Shuai, WANG Xian-guo, ZHOU Li-ye, et al. Evaluating the Relationship Between Production Performance and Fall Dormancy Grade of Different Spring-Sown Alfalfa Varieties in the Year of Establishment in the Horqin Sandy Land[J]. Acta Agrestia Sinica, 2026, 34(7):2493–2502

科尔沁沙地春播不同苜蓿品种建植当年生产性能及其与秋眠级之间关系研究

刘帅¹, 王显国^{2*}, 周立业¹, 王振国³, 张玉霞¹, 单新河², 张智勇³

(1. 内蒙古民族大学草业学院, 内蒙古 通辽 028000; 2. 中国农业大学草业科学与技术学院, 北京 100193;
3. 通辽市农牧业科学院, 内蒙古 通辽 028015)

摘要:研究采用单因素随机区组设计,测定科尔沁沙地春播‘WL’系列紫花苜蓿(*Medicago sativa*)品种建植当年的干物质产量、干鲜比、粗蛋白、相对饲喂价值,并运用多变量分析法探究秋眠级、秋眠型对建植当年紫花苜蓿生产性能的影响。结果表明:各供试品种第一茬和第二茬干物质产量占全年总干物质产量的比例超过60%,且第四茬干物质产量显著低于其他茬次($P<0.05$);‘WL366HQ’‘WL349HQ’的全年总干物质产量最高;秋眠级与秋眠型对干重、粗蛋白影响均不显著,效应值小,对相对饲喂价值影响均显著($P<0.05$)。综上,(1)科尔沁沙地春播不同紫花苜蓿品种,建植当年不同品种的生产性能差异较大,且与秋眠级无关;(2)在科尔沁沙地春播‘WL349HQ’和‘WL366HQ’这两个品种建植当年生产性能最好,第一茬和第二茬产量占全年产量的60%,选择品种时应重点考虑该品种的生产性能,而不是秋眠级。

关键词:科尔沁沙地;紫花苜蓿;秋眠级;建植当年;生产性能

中图分类号:S541.9

文献标识码:A

文章编号:1007-0435(2026)07-2493-10

Evaluating the Relationship Between Production Performance and Fall Dormancy Grade of Different Spring-Sown Alfalfa Varieties in the Year of Establishment in the Horqin Sandy Land

LIU Shuai¹, WANG Xian-guo^{2*}, ZHOU Li-ye¹, WANG Zhen-guo³, ZHANG Yu-xia¹,
SHAN Xin-he², ZHANG Zhi-yong³

(1. College of Grassland Science, Inner Mongolia Minzu University, Tongliao, Inner Mongolia 028000, China; 2. College of Grassland Science and Technology, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 3. Tongliao Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Tongliao, Inner Mongolia 028015, China)

Abstract: A single-factor randomized block design was used to measure the dry matter yield, dry-to-fresh ratio, crude protein content, and relative feed value of spring-sown ‘WL’ series alfalfa (*Medicago sativa*) varieties in the Horqin Sandy Land during the year of establishment. Multivariate analysis was employed to explore the effects of fall dormancy grade and type on the production performance. The results showed that the dry matter yield of the first and second cuttings accounted for over 60% of the total annual yield for all tested varieties, and the yield of the fourth cutting was significantly lower than that of the other cuttings ($P<0.05$). ‘WL366HQ’ and ‘WL349HQ’ exhibited the highest total annual dry matter yield. Fall dormancy grade and type had no significant effects on dry weight or crude protein content, with negligible effect sizes, but signifi-

收稿日期:2025-08-20;修回日期:2025-10-30

基金项目:国家牧草产业技术体系项目(CARS-34)资助

作者简介:刘帅(2000-),男,汉族,吉林白城人,硕士研究生,主要从事饲草高产栽培与利用研究,E-mail: 2389639133@qq.com;*通信作者
Author for correspondence, E-mail: grasschina@126.com

cantly influenced relative feed value ($P < 0.05$). In conclusion: (1) For spring-sown alfalfa varieties in the Horqin Sandy Land, production performance during the year of establishment varied significantly among varieties and was not related to fall dormancy rating. (2) 'WL349HQ' and 'WL366HQ' demonstrated the best production performance. The first and second cuttings contributed 60% of the total annual yield. Therefore, variety selection should prioritize total annual forage yield (i. e., production performance) rather than fall dormancy rating.

Key words: Horqin Sandy Land; Alfalfa; Fall dormancy grade; The year of establishment; Production performance

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)作为多年生豆科牧草,因其适应性强,营养价值高,被誉为“牧草之王”^[1-2]。科尔沁地区是我国北方优质苜蓿种植基地,但该地区由于冬季寒冷少雪,春季“倒春寒”等自然灾害,致使该地区苜蓿越冬困难^[3-5]。目前针对该地区苜蓿越冬困难已有相关研究,如魏晓斌等^[6]在赤峰的研究表明末茬苜蓿刈割后需补施氯化钾 $150 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,且应在11月15日前进行冬灌。刘忠国^[7]在科尔沁沙地研究表明紫花苜蓿越冬率因品种和施磷量的不同表现出不同的变化规律,‘WL168HQ’‘WL358HQ’在施磷量为 $270 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ (P_2O_5) 条件下越冬率最高。张庆昕等^[8]在通辽的研究表明苜蓿末次刈割时间为9月5日之前或11月5日之后。孙明雪等^[9]在赤峰研究水磷组合对紫花苜蓿越冬率的影响,得出灌水时间间隔8 d,磷肥(P_2O_5)施用量 $100 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 可提高紫花苜蓿越冬率。但仍存在越冬不稳定的问题。

秋眠性是苜蓿的重要生理特性^[10-12],具体表现为苜蓿受秋季温度下降和光照时间减少而降低再生速度 and 生产性能的现象^[13]。有研究表明,秋眠级与抗寒性存在负相关关系^[14-15]。Teuber将苜蓿的秋眠反映划分为11个等级^[16],Hancock将11个秋眠级划分为5大类型^[17]。当前针对秋眠级的研究主要与抗寒性、品种筛选相关,如王运涛等^[18]在呼和浩特沙尔沁夏播秋眠级为4以内的8个紫花苜蓿品种,连续2年刈割三次,得出‘YL-702’生产性能较好,同时也可作为抗寒材料推广。在鄂尔多斯地区,范锴等^[19]引种秋眠级为4以内的16个紫花苜蓿品种,连续多年刈割三次,得出‘肇东’等5个品种综合表现较好。在陕西省杨陵区,毛月^[20]引种44个不同秋眠级紫花苜蓿品种,次年刈割1次,得出‘农筹8号’等10个紫花苜蓿品种综合表现突出。马晓燕^[21]在宁夏引黄灌区引进14个秋眠级为4、5的紫花苜蓿品种,得出‘4020MF’等3个紫花苜蓿品种综合表现优异的结论。而针对秋眠级对全年产量影响的研究较少。同时,在该地区饲草生产过程中,存在不

以多年利用为目的,只通过春播高秋眠级苜蓿品种,建植当年获得最大饲草产量的种植方式。该种植方式忽略了第四茬次产草量占全年总产草量比例的问题。因此本研究以目前世界适应种植范围最广的美国‘WL’系列不同紫花苜蓿品种为研究对象,分析不同紫花苜蓿品种建植当年的生产性能,并探究秋眠级对全年产量的影响。以期筛选出建植当年饲草产量最大的紫花苜蓿品种,为秋眠级对产量影响的研究和当地的紫花苜蓿生产提供理论依据和技术指导。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地位于内蒙古自治区通辽市科尔沁区钱家店镇——通辽农牧业科学院试验基地($122^{\circ}37' \text{ E}$, $43^{\circ}43' \text{ N}$)。该地属温带大陆性气候,平均海拔180 m,无霜期为140~160 d,年降水量为350~450 mm,年平均气温 6.4°C ,年日照时数3131 h,历史最低温度 -37.6°C ,土质为白浆土,地势平坦,土壤有机质为 $26.0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效磷为 $17.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,速效钾为 $76.6 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,碱解氮为 $47.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

1.2 试验材料

试验材料为美国‘WL’系列不同秋眠级苜蓿品种,均由北京正道种业有限公司提供,具体品种信息见表1。

1.3 试验设计

本试验采用单因素随机区组设计,共14个品种处理,每个处理3次重复,共42个小区,每个小区面积为 20 m^2 ($4 \text{ m} \times 5 \text{ m}$)。2023年4月13日播种,播种量为 $22.5 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$,行距15 cm。试验田按照当地苜蓿高产田进行田间管理,初花期刈割,本试验共刈割苜蓿4次,分别在6月26日、8月1日、8月31日、10月27日。

表 1 供试品种名称及秋眠型

Table 1 Name of tested variety and their fall dormancy

品种 Variety	秋眠级 Fall dormancy rating	秋眠型 Fall dormancy
WL168HQ	2	秋眠型
WL298HQ	3	秋眠型
WL319HQ	3	秋眠型
WL329HQ	3	秋眠型
WL343HQ	4	半秋眠型
WL349HQ	4	半秋眠型
WL354HQ	4	半秋眠型
WL358HQ	4	半秋眠型
WL363HQ	5	半秋眠型
WL366HQ	5	半秋眠型
WL377HQ	5	半秋眠型
WL440HQ	6	半秋眠型
WL525HQ	8	非秋眠型
WL656HQ	9	非秋眠型

1.4 试验指标与方法

1.4.1 干物质产量 每个小区中随机取样方 1 m²,留茬高度 5 cm,刈割后测定鲜草产量,并从中称取 300 g,放在 105℃烘箱中杀青 30 min,后降温至 75℃烘干至恒重,称取干物质重量,计算干鲜比。再根据干鲜比计算干物质产量,并换算成每公顷干物质产量。

1.4.2 营养成分 每个小区中随机取样方 1 m²,留茬高度 5 cm,从新鲜植株样品中随机抽取 300 g,先用自来水冲洗,再用蒸馏水冲洗,滤纸擦干,放在 105℃烘箱中杀青 30 min,后降温至 75℃烘干至恒重,粉碎后过 60 目筛,用于苜蓿品质指标测定。参照《饲料中粗蛋白的测定 凯氏定氮法》(GB/T 6432—2018)测定粗蛋白,参照《饲料中粗脂肪的测定》(GB/T 6433—2025)测定粗脂肪,参照《饲料中中性洗涤纤维的测定》(GB/T 20806—2022)测定中性洗涤纤维,参照《饲料中酸性洗涤纤维的测定》(NY/T 1459—2007)测定酸性洗涤纤维,苜蓿饲用价值以相对饲用价值(Relative feed value,RFV)表示,根据干物质采食量(Dry matter intake,DMI)和可消化干物质(Digestible dry matter,DDM)含量计算^[22]。

$$RFV = DMI \times DDN / 1.29 \quad (1)$$

$$DMI = 120 / NDF \quad (2)$$

$$DDM = 88.9 - 0.779 \times ADF \quad (3)$$

1.5 数据统计与分析

用 Microsoft Excel 2021 进行数据的初步录入与整理,实验数据以平均值±标准差表示。使用

IBM SPSS Statistics 27 统计分析软件进行单因素方差分析,多变量分析,并计算偏 η^2 (Partial Eta Squared,效应量),研究秋眠级对紫花苜蓿生产性能的影响。

2 结果与分析

2.1 干物质产量

由表 2 可知,第一茬干物质产量范围为 2857~5025 kg·hm⁻²。其中‘WL343HQ’的干物质产量最高,而‘WL349HQ’的干物质产量次之,两者显著高于除‘WL329HQ’‘WL377HQ’‘WL366HQ’以外的其他 9 个紫花苜蓿品种($P<0.05$)。‘WL168HQ’的干物质产量最低,显著低于其他紫花苜蓿品种($P<0.05$)。第一茬干物质产量占总干物质产量的比例范围为 23.3%~35.9%。第二茬干物质产量范围为 4333~6680 kg·hm⁻²。其中‘WL366HQ’的干物质产量最高,显著高于除‘WL366HQ’‘WL349HQ’以外的其他 11 个紫花苜蓿品种($P<0.05$)。‘WL377HQ’的干物质产量最低,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第二茬干物质产量占总干物质产量的比例范围为 32.4%~42.2%。第三茬干物质产量范围为 2638~3541 kg·hm⁻²。其中‘WL366HQ’的干物质产量最高,‘WL525HQ’的干物质产量次之,两者显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL377HQ’‘WL319HQ’干物质产量最低,两者显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第三茬干物质产量占总干物质产量的比例范围为 19.0%~27.2%。第四茬干物质产量范围为 1023~2256 kg·hm⁻²。其中‘WL525HQ’的干物质产量最高,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL358HQ’的干物质产量最低,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第四茬干物质产量占总干物质产量的比例范围为 7.5%~14.9%。供试品种总干物质产量范围为 12 273~16 452 kg·hm⁻²。其中‘WL366HQ’的总干物质产量最高,显著高于除‘WL349HQ’以外的其他供试品种($P<0.05$)。‘WL168HQ’的总干物质产量最低,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。所有供试品种的第一茬和第二茬干物质产量占总干物质产量的比例超过 60%。除‘WL168HQ’外,其他所有供试品种的第一茬和第二茬干物质产量显著高于第三茬和第四茬干物质产量($P<0.05$)。所有供试品种第四茬干物质产量最低,显著低于其他

茬次干物质产量($P<0.05$)。除‘WL377HQ’外,产量。‘WL377HQ’在第一茬次获得最大干物质产量。其他所有供试品种均在第二茬次获得最大干物质产量。

表 2 ‘WL’系列不同苜蓿品种不同刈割茬次干物质产量

Table 2 Dry matter yield of different varieties of ‘WL’ series alfalfa with varying fall dormancy grade

品种 Variety	第一茬 First cutting		第二茬 Second cutting		第三茬 Third cutting		第四茬 Fourth cutting		全年总干物质产量 Total dry matter yield/ (kg·hm ⁻²)
	干物质产量	占全年总干物质产量的	干物质产量	占全年总干物质产量的	干物质产量	占全年总干物质产量的	干物质产量	占全年总干物质产量的	
	Dry matter yield/ (kg·hm ⁻²)	比例 Proportion of the total annual dry matter yield/%	Dry matter yield/ (kg·hm ⁻²)	比例 Proportion of the total annual dry matter yield/%	Dry matter yield/ (kg·hm ⁻²)	比例 Proportion of the total annual dry matter yield/%	Dry matter yield/ (kg·hm ⁻²)	比例 Proportion of the total annual dry matter yield/%	
WL168HQ	2857±194 ^{Ch}	23.3	5035±65 ^{Ag}	41.0	3339±84 ^{Bb}	27.2	1042±41 ^{Di}	8.5	12 273±242 ^b
WL298HQ	4490±289 ^{Bcdef}	30.0	5942±156 ^{Ad}	39.8	3131±37 ^{Cdef}	21.0	1383±13 ^{Dh}	9.3	14 946±192 ^c
WL319HQ	4534±384 ^{Bcde}	33.3	5223±51 ^{Aefg}	38.3	2667±98 ^{Ch}	19.6	1210±24 ^{Di}	8.9	13 635±419 ^f
WL329HQ	4960±298 ^{Bab}	32.9	5518±284 ^{Ae}	36.7	3126±31 ^{Cdef}	20.8	1452±28 ^{Dg}	9.6	15 056±308 ^e
WL343HQ	5025±238 ^{Ba}	31.8	6101±185 ^{Acd}	38.6	3078±29 ^{Cef}	19.5	1585±10 ^{De}	10.0	15 790±206 ^{bc}
WL349HQ	5023±7 ^{Ba}	30.9	6402±13 ^{Ab}	39.3	3232±102 ^{Cbcd}	19.9	1615±11 ^{De}	9.9	16 272±96 ^{ab}
WL354HQ	4351±33 ^{Bcdefg}	30.5	5164±180 ^{Afg}	36.2	2917±30 ^{Cg}	20.5	1833±21 ^{Dc}	12.9	14 264±462 ^f
WL358HQ	4037±407 ^{Bfg}	29.8	5316±149 ^{Aefg}	39.2	3191±130 ^{Cde}	23.5	1023±5 ^{Dk}	7.5	13 567±386 ^f
WL363HQ	4320±48 ^{Bdeg}	28.2	6467±193 ^{Ab}	42.2	3040±41 ^{Cf}	19.8	1506±11 ^{Df}	9.8	15 333±134 ^{de}
WL366HQ	4645±199 ^{Bbcd}	28.2	6680±161 ^{Aa}	40.6	3541±84 ^{Ca}	21.5	1587±28 ^{Dc}	9.6	16 452±42 ^a
WL377HQ	4803±218 ^{Aabc}	35.9	4333±195 ^{Bb}	32.4	2638±50 ^{Ch}	19.7	1600±56 ^{Dc}	12.0	13 374±115 ^f
WL440HQ	4555±4 ^{Bcde}	29.9	6000±96 ^{Ad}	39.4	2896±31 ^{Cg}	19.0	1767±24 ^{Dd}	11.6	15 218±85 ^{de}
WL525HQ	4013±249 ^{Bg}	26.5	5378±188 ^{Aef}	35.5	3510±28 ^{Ca}	23.2	2256±50 ^{Da}	14.9	15 156±376 ^e
WL656HQ	4116±180 ^{Befg}	26.2	6345±233 ^{Abc}	40.4	3308±59 ^{Cbc}	21.0	1957±6 ^{Db}	12.4	15 726±400 ^{cd}

注:同茬次不同品种标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。同品种不同茬次标不同大写字母表示差异显著($P<0.05$)。下同

Note: Different lowercase letters indicate significant differences among varieties within the same cutting ($P<0.05$). Different uppercase letters indicate significant differences among cuttings within the same variety ($P<0.05$). The same as below

2.2 干鲜比

由表 3 可知,第一茬牧草干鲜比范围为 20.9%~27.7%。其中‘WL298HQ’干鲜比最大,显著高于除‘WL358HQ’以外的其他供试品种($P<0.05$)。‘WL525HQ’干鲜比最小,与‘WL319HQ’‘WL343HQ’‘WL366HQ’‘WL440HQ’‘WL440HQ’‘WL656HQ’差异不显著。第二茬牧草干鲜比最大的品种是‘WL366HQ’,为 31.8%,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。第二茬牧草干鲜比最小的品种是‘WL377HQ’,为 22.0%,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第三茬牧草干鲜比范围为 25.6%~31.2%,其中‘WL366HQ’干鲜比最大,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL319HQ’的干鲜比最小,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第四茬牧草干鲜比最大的品种是‘WL168HQ’,为 32.7%,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。第四茬牧草干鲜比最小的品种是‘WL525HQ’,为 24.4%,与‘WL358HQ’差异不显著,与其他供试品种差异显著($P<0.05$)。在平均干鲜比中,‘WL168HQ’建植当年刈割 4 次的平均干鲜比最大,为 28.8%,显著高于除‘WL366HQ’以外其他供试

品种($P<0.05$)。‘WL525HQ’建植当年刈割 4 次的平均干鲜比最小,为 25.8%,显著低于除‘WL319HQ’‘WL329HQ’‘WL343HQ’‘WL377HQ’以外的其他供试品种($P<0.05$)。所有供试品种不同刈割茬次的干鲜比中,除‘WL358HQ’和‘WL377HQ’以外的其他供试品种第一茬次干鲜比最小,除‘WL298HQ’‘WL329HQ’‘WL349HQ’‘WL358HQ’‘WL366HQ’‘WL525HQ’‘WL656HQ-9’以外的其他供试品种第四茬干鲜比最大。‘WL298HQ’‘WL329HQ’‘WL525HQ’‘WL656HQ’第三茬次干鲜比最大,‘WL349HQ’‘WL358HQ’‘WL366HQ’第二茬次干鲜比最大,‘WL358HQ’‘WL377HQ’干鲜比最小值分别出现在第四茬次和第二茬。

2.3 粗蛋白含量

由表 4 可知,所有供试品种第一茬牧草粗蛋白含量为 18.7%~20.3%。其中‘WL354HQ’的粗蛋白最高,显著高于‘WL363HQ’‘WL440HQ’‘WL656HQ’($P<0.05$),但与其他供试品种差异不显著。‘WL440HQ’的粗蛋白最低,显著低于

表 3 ‘WL’系列不同苜蓿品种不同刈割茬次干鲜比

Table 3 Dry-to-fresh ratio of different varieties in ‘WL’ series alfalfa with varying fall dormancy grade 单位: %

品种 Variety	第一茬 First cutting	第二茬 Second cutting	第三茬 Third cutting	第四茬 Fourth cutting	平均干鲜比 Mean dry to fresh ratio
WL168HQ	25.8±0.5 ^{Cbc}	25.7±0.2 ^{Cc}	30.7±0.2 ^{Bb}	32.7±0.2 ^{Aa}	28.8±0.1 ^a
WL298HQ	27.7±0.7 ^{Ba}	27.8±0.2 ^{ABcd}	28.5±0.3 ^{Ad}	28.1±0.0 ^{ABf}	28.0±0.3 ^b
WL319HQ	21.4±0.7 ^{Dfg}	26.7±0.6 ^{Bde}	25.6±0.2 ^{Ch}	31.5±0.3 ^{Ab}	26.3±0.2 ^{gh}
WL329HQ	22.5±1.1 ^{Def}	25.5±0.9 ^{Cc}	29.2±0.3 ^{Ac}	27.3±0.6 ^{Bg}	26.1±0.3 ^{gh}
WL343HQ	22.2±0.7 ^{Cefg}	26.7±0.9 ^{Bde}	27.7±0.1 ^{ABe}	28.3±0.1 ^{Aef}	26.4±0.4 ^{gh}
WL349HQ	24.6±0.1 ^{Dcd}	30.0±0.3 ^{Ab}	29.3±0.1 ^{Bc}	25.8±0.2 ^{Ch}	27.4±0.1 ^{cd}
WL354HQ	24.4±0.0 ^{Dd}	27.2±1.0 ^{Ccd}	29.4±0.3 ^{Bc}	31.0±0.4 ^{Ac}	27.9±0.2 ^{bc}
WL358HQ	26.8±1.5 ^{Bab}	30.3±1.0 ^{Ab}	27.1±0.3 ^{Bf}	24.4±0.4 ^{Ci}	27.1±0.4 ^{de}
WL363HQ	23.4±0.2 ^{Dde}	28.3±0.6 ^{Bc}	26.3±0.2 ^{Cg}	29.5±0.2 ^{Ad}	26.9±0.3 ^{def}
WL366HQ	21.4±1.1 ^{Cfg}	31.8±1.0 ^{Aa}	31.2±0.5 ^{Aa}	28.1±0.1 ^{Bef}	28.2±0.5 ^{ab}
WL377HQ	22.7±0.5 ^{Cef}	22.0±1.3 ^{Cf}	28.5±0.2 ^{Bd}	30.5±0.4 ^{Ac}	26.0±0.3 ^{gh}
WL440HQ	22.1±0.8 ^{Cefg}	26.9±0.5 ^{Bcde}	28.6±0.3 ^{Ad}	28.6±0.0 ^{Ae}	26.5±0.5 ^{efg}
WL525HQ	20.9±0.7 ^{Dg}	28.2±0.7 ^{Bc}	29.4±0.2 ^{Ac}	24.4±0.2 ^{Ci}	25.8±0.3 ^b
WL656HQ	21.9±0.7 ^{Cfg}	27.8±1.1 ^{Bcd}	30.3±0.3 ^{Ab}	28.3±0.2 ^{Bef}	27.1±0.6 ^{de}

‘WL298HQ’ ‘WL319HQ’ ‘WL354HQ’ ‘WL358HQ’ ($P<0.05$),但与其他供试品种差异不显著。第二茬牧草粗蛋白范围为 23.3%~24.6%。其中 ‘WL440HQ’ 的粗蛋白含量最高,显著高于除 ‘WL319HQ’ ‘WL329HQ’ ‘WL358HQ’ ‘WL363HQ’ ‘WL377HQ’ ‘WL656HQ’ 以外的其他供试品种 ($P<0.05$), ‘WL298HQ’ 的粗蛋白含量最低,显著低于除 ‘WL168HQ’ ‘WL343HQ’ ‘WL349HQ’ ‘WL366HQ’ ‘WL525HQ’ 以外的其他供试品种 ($P<0.05$)。第三茬牧草粗蛋白含量为 19.5%~23.6%。其中 ‘WL168HQ’ 的粗蛋白最高,略高于 ‘WL343HQ’,显著高于其他供试品种 ($P<0.05$)。 ‘WL528HQ’ 的粗蛋白最低,显著低于其他供试品

种 ($P<0.05$)。第四茬牧草粗蛋白范围为 16.5%~24.2%。其中 ‘WL298HQ’ 的粗蛋白含量最高,显著高于其他供试品种 ($P<0.05$)。 ‘WL656HQ’ 的粗蛋白含量最低,显著低于其他供试品种 ($P<0.05$)。在所有供试品种不同刈割茬次的粗蛋白中,除 ‘WL298HQ’ 以外,其他所有供试品种均在第二茬获得粗蛋白最大值。 ‘WL298HQ’ 在第四茬获得粗蛋白最大值。 ‘WL168HQ’ ‘WL298HQ’ ‘WL319HQ’ ‘WL363HQ’ ‘WL377HQ’ ‘WL440HQ’ 在第一茬获得粗蛋白最小值。 ‘WL329HQ’ ‘WL343HQ’ ‘WL349HQ’ ‘WL354HQ’ ‘WL358HQ’ ‘WL366HQ’ ‘WL525HQ’ ‘WL656HQ’ 在第四茬获得粗蛋白最小值。

表 4 ‘WL’系列不同苜蓿品种不同刈割茬次粗蛋白含量

Table 4 Crude protein content of different varieties of ‘WL’ series alfalfa with varying fall dormancy grade 单位: %

品种 Variety	第一茬 First cutting	第二茬 Second cutting	第三茬 Third cutting	第四茬 Fourth cutting
WL168HQ	19.4±0.3 ^{Cabcd}	23.8±0.1 ^{Abcde}	23.6±0.1 ^{Aa}	22.8±0.1 ^{Bb}
WL298HQ	19.8±0.3 ^{Dabc}	23.3±0.2 ^{Be}	22.0±0.4 ^{Cde}	24.2±0.1 ^{Aa}
WL319HQ	20.1±0.2 ^{Cab}	24.2±0.2 ^{Aabc}	23.2±0.1 ^{Bb}	20.2±0.1 ^{Cd}
WL329HQ	19.4±0.7 ^{Cabcd}	24.2±0.5 ^{Aabc}	21.2±0.1 ^{Bf}	17.9±0.1 ^{Dg}
WL343HQ	19.4±0.3 ^{Babcd}	23.7±0.3 ^{Acde}	23.3±0.2 ^{Aab}	17.8±0.2 ^{Cg}
WL349HQ	19.5±0.2 ^{Cabcd}	23.5±0.3 ^{Ade}	21.9±0.3 ^{Bde}	18.8±0.2 ^{Df}
WL354HQ	20.3±0.3 ^{Ca}	23.9±0.4 ^{Abcd}	21.7±0.3 ^{Be}	19.2±0.2 ^{De}
WL358HQ	19.7±0.3 ^{Cabc}	24.2±0.1 ^{Aab}	22.5±0.4 ^{Bc}	19.2±0.1 ^{De}
WL363HQ	18.9±0.2 ^{Dcd}	24.2±0.1 ^{Aab}	20.9±0.2 ^{Cf}	21.3±0.0 ^{Bc}
WL366HQ	19.7±0.4 ^{Cabcd}	23.6±0.2 ^{Ade}	22.2±0.2 ^{Bcd}	17.1±0.0 ^{Bh}
WL377HQ	19.6±1.0 ^{Cabcd}	24.2±0.4 ^{Aab}	22.9±0.4 ^{Bb}	20.3±0.2 ^{Cd}
WL440HQ	18.7±0.5 ^{Cd}	24.6±0.2 ^{Aa}	21.2±0.1 ^{Bf}	18.8±0.0 ^{Cf}
WL525HQ	19.6±0.4 ^{Babcd}	23.7±0.3 ^{Abcde}	19.5±0.3 ^{Bh}	17.5±0.2 ^{Ch}
WL656HQ	19.3±0.9 ^{Cbcd}	24.2±0.3 ^{Aabc}	20.3±0.2 ^{Bg}	16.5±0.1 ^{Di}

2.4 相对饲喂价值

由表5可知,所有供试品种第一茬牧草相对饲喂价值范围为153.46~165.58。其中‘WL168HQ’的相对饲喂价值最高,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL298HQ’的相对饲喂价值最低,显著低于除‘WL358HQ’,‘WL363HQ’,‘WL656HQ’以外的其他供试品种($P<0.05$)。在第二茬牧草的相对饲喂价值中,‘WL343HQ’的相对饲喂价值最大,为190.33。其略高于‘WL349HQ’,‘WL366HQ’,‘WL377HQ’,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL656HQ’的相对饲喂价值最低,显著低于其他供试品种($P<0.05$)。第三茬牧草的相对饲喂价值范围为156.86~177.29。其中‘WL168HQ’的相对饲喂价值最大,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL656HQ’的相对饲喂价值最低,

显著低于其他供试品种($P<0.05$)。在第四茬牧草的相对饲喂价值中,‘WL319HQ’的相对饲喂价值最高,为185.8,显著高于其他供试品种($P<0.05$)。‘WL354HQ’的相对饲喂价值最低,为163.79,显著低于除‘WL329HQ’,‘WL343HQ’以外的其他供试品种($P<0.05$)。在所有供试品种不同茬次的相对饲喂价值中,‘WL168HQ’,‘WL329HQ’,‘WL343HQ’,‘WL349HQ’,‘WL354HQ’,‘WL358HQ’,‘WL363HQ’,‘WL366HQ’,‘WL377HQ’的相对饲喂价值均在第二茬达到最大,其余供试品种的相对饲喂价值均在第四茬达到最大。‘WL319HQ’,‘WL440HQ’的相对饲喂价值均在第三茬取到最小值,‘WL354HQ’的相对饲喂价值在第四茬取到最小值,其余供试品种的相对饲喂价值均在第一茬取到最小值。

表5 ‘WL’系列不同苜蓿品种不同刈割茬次相对饲喂价值

Table 5 Relative feed value of different varieties of ‘WL’ alfalfa with varying fall dormancy grade

品种 Variety	第一茬 First cutting	第二茬 Second cutting	第三茬 Third cutting	第四茬 Fourth cutting
WL168HQ	165.58±0.89 ^{Ca}	181.48±1.30 ^{Ad}	177.29±2.06 ^{Ba}	180.49±0.64 ^{Ab}
WL298HQ	153.46±0.05 ^{Dg}	168.02±1.39 ^{Bf}	164.15±0.90 ^{Cf}	171.77±1.85 ^{Ac}
WL319HQ	162.45±1.56 ^{Cc}	181.75±1.65 ^{Bd}	162.19±1.58 ^{Cfg}	185.80±2.53 ^{Aa}
WL329HQ	162.66±2.04 ^{Bbc}	177.86±0.81 ^{Ae}	164.44±1.84 ^{Bf}	164.87±1.13 ^{Bfg}
WL343HQ	159.86±1.03 ^{Dde}	190.33±1.88 ^{Aa}	170.01±1.87 ^{Bcde}	166.21±1.62 ^{Cefg}
WL349HQ	156.96±2.16 ^{Df}	189.68±2.31 ^{Aa}	171.99±1.23 ^{Bbc}	167.84±1.15 ^{Cdef}
WL354HQ	165.05±1.94 ^{Cab}	184.64±1.98 ^{Ac}	171.14±1.76 ^{Bbc}	163.79±2.43 ^{Cg}
WL358HQ	155.52±1.28 ^{Dfg}	180.30±2.06 ^{Ade}	173.70±0.64 ^{Bb}	168.73±1.02 ^{Cde}
WL363HQ	155.95±1.78 ^{Cfg}	186.70±1.95 ^{Abc}	167.34±2.22 ^{Be}	171.91±3.83 ^{Bc}
WL366HQ	163.70±0.70 ^{Cabc}	187.91±1.69 ^{Aab}	168.07±3.01 ^{Bde}	169.25±1.89 ^{Bcde}
WL377HQ	157.81±0.68 ^{Def}	189.03±0.84 ^{Aab}	170.93±0.77 ^{Cbcd}	177.41±1.81 ^{Bb}
WL440HQ	161.23±1.26 ^{Ccd}	169.75±1.22 ^{Bf}	161.15±0.60 ^{Cg}	177.18±3.45 ^{Ab}
WL525HQ	161.48±0.67 ^{Ccd}	167.49±0.96 ^{Bf}	169.68±1.01 ^{Acde}	169.70±0.49 ^{Acde}
WL656HQ	155.27±1.60 ^{Cfg}	162.91±1.23 ^{Bg}	156.86±1.71 ^{Ch}	170.50±0.57 ^{Acde}

2.5 秋眠级、秋眠型对紫花苜蓿生产性能影响

由表6可知,秋眠级对第一茬苜蓿的粗蛋白和相对饲喂价值影响不显著,对干重影响极显著($P<0.01$)。第二茬苜蓿的干重和相对饲喂价值受秋眠级的影响极显著($P<0.01$),粗蛋白受秋眠级的影响显著($P<0.05$)。第三茬苜蓿的粗蛋白和相对饲喂价值受秋眠级的影响极显著($P<0.01$),干重受秋眠级的影响显著($P<0.05$)。秋眠级对第四茬苜蓿的干重和相对饲喂价值影响极显著($P<0.01$),对粗蛋白影响不显著。供试品种建植当年,秋眠级对干重、粗蛋白影响不显著,对相对饲喂价值影响显著($P<0.05$)。干重方面,秋眠级对第一、第二、第四茬次影响极显著($P<0.01$),对第三茬次影响显著($P<0.05$)。秋眠级对粗蛋白的第一、第四茬

次影响不显著,对第二茬次影响显著($P<0.05$),对第三茬次影响极显著($P<0.01$)。相对饲喂价值方面,秋眠级除对第一茬次影响不显著,其余三个茬次均影响极显著($P<0.01$)。

由表7可知,第一茬苜蓿除干重受秋眠型影响显著($P<0.05$),其粗蛋白和相对饲喂价值受秋眠型影响不显著。秋眠型对第二茬苜蓿的干物质影响不显著,对粗蛋白影响显著($P<0.05$),对相对饲喂价值影响极显著($P<0.01$)。第三茬苜蓿的干重、粗蛋白、相对饲喂价值受秋眠型影响极显著($P<0.01$)。秋眠型对第四茬苜蓿的干重、相对饲喂价值影响极显著($P<0.01$),对粗蛋白影响不显著。供试品种建植当年,秋眠型对干重、粗蛋白影响不显著,对相对饲喂价值影响显著($P<0.05$)。干重方面,秋眠型对第三、第四茬次

表 6 秋眠级对‘WL’系列建植当年紫花苜蓿生产性能影响

Table 6 Effects of fall dormancy grade on establishment-year production performance of ‘WL’ series alfalfa

试验指标 Experimental indicators	第一茬 First cutting		第二茬 Second cutting		第三茬 Third cutting		第四茬 Fourth cutting		建植当年 Current year establishment	
	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方
干重 Dry matter yield	<0.01	0.680	<0.010	0.519	0.015	0.357	<0.010	0.499	0.845	0.017
粗蛋白 Crude protein	0.119	0.246	0.019	0.346	<0.010	0.446	0.058	0.288	0.856	0.016
相对饲喂价值 Relative feed value	0.056	0.290	<0.010	0.818	<0.010	0.910	<0.010	0.416	0.012	0.096

注: $P<0.01$ 表示影响极显著, $P<0.05$ 表示影响显著, $P>0.05$ 表示影响不显著。偏 Eta 平方 <0.06 表示小效应, $0.06\leq$ 偏 Eta 平方 <0.14 表示中效应, 偏 Eta 平方 ≥ 0.14 表示大效应。下同

Note: $P<0.01$ indicates a highly significant effect, $P<0.05$ indicates a significant effect, and $P>0.05$ indicates a non-significant effect. Partial eta-squared (η^2) <0.06 indicates a small effect size, $0.06\leq$ partial eta-squared <0.14 indicates a medium effect size, and partial eta-squared ≥ 0.14 indicates a large effect size. The same as below

影响极显著 ($P<0.01$), 对第一茬次影响显著 ($P<0.05$), 对第二茬次影响不显著。粗蛋白方面, 秋眠型对第一、第四茬次影响不显著, 对第二茬次影响显著

($P<0.05$), 对第三茬次影响极显著 ($P<0.01$)。秋眠型对相对饲喂价值影响表现为, 对第一茬次影响不显著, 对第二、第三、第四茬次影响极显著 ($P<0.01$)。

表 7 秋眠型对‘WL’系列建植当年紫花苜蓿生产性能影响

Table 7 Effects of fall dormancy on establishment-year production performance of ‘WL’ series alfalfa

试验指标 Experimental indicators	第一茬 First cutting		第二茬 Second cutting		第三茬 Third cutting		第四茬 Fourth cutting		建植当年 Current year establishment	
	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方	<i>P</i> 值	偏 Eta 平方
干重 Dry matter yield	0.048	0.148	0.341	0.055	<0.01	0.260	<0.01	0.243	0.831	0.002
粗蛋白 Crude protein	0.477	0.038	0.011	0.212	<0.01	0.270	0.168	0.090	0.482	0.009
相对饲喂价值 Relative feed value	0.750	0.015	<0.01	0.618	<0.01	0.316	<0.01	0.258	0.041	0.038

3 讨论

牧草产量反映了品种在该地区的生产性能和适应性^[23], 王晓龙等^[24]在呼和浩特研究表明秋眠级为 4 的紫花苜蓿品种干物质产量最高, 这与本研究得出的‘WL366HQ’建植当年刈割 4 次干物质产量最高不符, 其可能与供试品种的选择以及试验地区不同相关。李迎等^[25-26]在呼和浩特、轩一芙^[27]在大庆、梁维维等^[28]在昌吉研究认为各茬次干物质产量占年总干物质产量的比例表现为: 第一茬 $>$ 第二茬 $>$ 第三茬, 这与本研究得出的供试品种不同茬次间第二茬次的干物质产量最大的结果不一致, 其原因可能与紫花苜蓿在科尔沁沙地第二茬次的环境因素虽有所改善, 但其生活史仍较长相关。‘WL525HQ’的第三茬与第四茬的干物质产量显著高于其他供试品种 ($P<0.05$), 这与陆晓燕等^[29]在南京的研究结果一致, 其原因可能与温度升高, 高秋眠级苜蓿品种耐热性强相关^[30]。秋眠级为 4 级的‘WL349HQ’和秋眠级为 5 级的‘WL366HQ’的全年总干物质产量, 显著高于其他供试品种全年总干

物质产量 ($P<0.05$)。这与同一地区不同秋眠级苜蓿品种全年总干物质产量先升高后下降相一致^[31-33], 其原因可能是科尔沁沙地春季气温低, 苜蓿生长受温度影响较大, 高秋眠级苜蓿品种无法展现最优生产性能, 且第一茬和第二茬干物质产量占总干物质产量的比例超过 60% 相关。本研究得出第四茬的干物质产量显著低于其他茬次 ($P<0.05$), 这与赵忠祥等^[34]在沧州的研究结果相一致。所有供试品种平均干鲜比超过 25%, 这与蔡海霞等^[35]在洛阳的研究结果相一致。粗蛋白和相对饲喂价值是评价饲草品质的重要指标^[22]。齐江娇等^[36]在石河子研究得出供试品种第二茬次粗蛋白含量最高, 这与本研究结果相符。在相对饲喂价值方面, 本研究得出, ‘WL168HQ’第一茬、第三茬的相对饲喂价值最高, 显著高于其他供试品种 ($P<0.05$)。这与赵牧其尔等^[37]在赤峰的研究结果相符, 其原因可能是第一茬次生长时间长、贮存物质多, 第三茬次环境适宜, 地上生物量高。

多变量分析表明, 在干重方面, 秋眠级与秋眠型对各茬次均有显著影响 ($P<0.05$), 即不同秋眠

级与秋眠型在不同茬次间均可获得最大值。但供试品种在建植当年条件下,秋眠级、秋眠型对干重、粗蛋白影响不显著,对相对饲喂价值影响显著($P < 0.05$)。其原因与试验地区、供试品种的选择、紫花苜蓿的利用年限有关,具体在干重方面表现为,建植当年条件下,秋眠级4和秋眠级5(半秋眠型)内的不同品种干重存在显著差异($P < 0.05$),而其他秋眠级(秋眠型)、不同品种间的生产性能表现均衡,即品种对全年生产性能的影响大于秋眠级对全年生产性能的影响。在粗蛋白方面建植当年条件下,不同秋眠级、秋眠型粗蛋白间全年平均值差异不显著。在相对饲喂价值方面建植当年条件下,部分秋眠级内的不同品种相对饲喂价值均较低。即非秋眠型内各品种间相对饲喂价值低,与秋眠型差异显著($P < 0.05$)。这与秋眠级和粗蛋白呈极显著负相关不一致^[38-39],与秋眠级和干草产量呈极显著正相关不一致^[40-41]。

4 结论

科尔沁沙地春播‘WL’系列不同苜蓿品种建植当年‘WL366HQ’‘WL349HQ’的总干物质产量最高。对紫花苜蓿秋眠级、秋眠型和干重进行多变量分析,得出建植当年秋眠级、秋眠型对干重影响不显著。综上:(1)科尔沁沙地春播不同紫花苜蓿品种,建植当年不同品种的生产性能差异较大,且与秋眠级无关;(2)在科尔沁沙地春播‘WL349HQ’和‘WL366HQ’这两个品种建植当年生产性能最好,全年总干物质产量能达到 $16\ 362\text{ kg}\cdot\text{hm}^{-2}$,第一茬和第二茬产量占全年产量的60%,选择品种时应重点考虑该品种的全年产草量即生产性能,而不是秋眠级。由于秋眠型转换过程中相邻品种的数量较少,所以本研究对科尔沁沙地春播秋眠级3和秋眠级4之间的交错紫花苜蓿品种或秋眠级5和秋眠级6之间的交错紫花苜蓿品种对环境因素的响应机制有待进一步研究。

参考文献

- [1] 丛龙丽,高凯,刘之浩,等. 磷添加对紫花苜蓿生物量、根系特性及化学计量特征的影响[J]. 中国草地学报,2024,46(11):66-73
CONG L L, GAO K, LIU Z H, et al. Effects of phosphorus addition on biomass, root characteristics and stoichiometric traits of alfalfa [J]. Chinese Journal of Grassland, 2024, 46 (11):66-73
- [2] 杨青川,孙彦. 中国苜蓿育种的历史、现状与发展趋势[J]. 中国草地学报, 2011,33(6):95-101
YANG Q C, SUN Y. History, current status and development trends of alfalfa breeding in China[J]. Chinese Journal of Grassland, 2011,33(6):95-101
- [3] 刘泽宇,袁梓桐,隋可,等. 基于抗寒系数对‘WL’系列苜蓿品种抗寒性的综合评价[J]. 草地学报,2024,32(8):2592-2598
LIU Z Y, YUAN Z T, SUI K, et al. Comprehensive evaluation of cold resistance of ‘WL’ series alfalfa varieties based on cold resistance coefficient [J]. Acta Agrestia Sinica, 2024, 32 (8):2592-2598
- [4] 殷秀杰,崔国文. 北方寒区苜蓿冻害原因及其防御措施[J]. 饲料博览,2006(4):31-33
YIN X J, CUI G W. Causes of freezing injury and preventive measures for alfalfa in cold northern regions[J]. Feed Review, 2006(4):31-33
- [5] 刘泽宇,隋可,袁梓桐,等. 低温胁迫对‘WL’系列紫花苜蓿品种抗氧化生理的影响[J]. 草原与草坪,2025,45(2):24-31
LIU Z Y, SUI K, YUAN Z T, et al. effects of low temperature stress on antioxidant physiology of ‘WL’ series alfalfa varieties[J]. Grassland and Turf, 2025,45(2):24-31
- [6] 魏晓斌,樊俊铭,柳茜,等. 科尔沁沙地苜蓿冻害防御的秋冬季管理技术要点[J]. 草原与草业,2025,37(2):29-31
WEI X B, FAN J M, LIU Q, et al. Key autumn and winter management techniques for preventing freezing injury in alfalfa in the horqin sandy land[J]. Grassland and Prataculture, 2025, 37(2):29-31
- [7] 刘忠国. 科尔沁沙地磷添加对紫花苜蓿越冬及根系生理特性的影响[D]. 通辽:内蒙古民族大学,2023:67
LIU Z G. Effects of phosphorus addition on overwintering and root physiological characteristics of alfalfa in the horqin sandy land[D]. Tongliao: Inner Mongolia Minzu University, 2023:67
- [8] 张庆昕,张玉霞,陈卫东,等. 末次刈割时间和低温处理对苜蓿根颈抗寒性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2023,51(1):1-8,16
ZHANG Q X, ZHANG Y X, CHEN W D, et al. Effects of final cutting time and low temperature treatment on cold resistance of alfalfa root crown [J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2023, 51(1):1-8, 16
- [9] 孙明雪,张玉霞,丛百明,等. 水磷组合对紫花苜蓿根颈抗氧化特性及越冬率的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2022,50(12):9-17
SUN M X, ZHANG Y X, CONG B M, et al. Effects of water and phosphorus combinations on antioxidant characteristics and overwintering rate of alfalfa root crown[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2022,50(12):9-17
- [10] 卢欣石. 中国苜蓿审定品种秋眠性研究[J]. 中国草地,1998 (3):2-6,13
LU X S. Study on fall dormancy of registered alfalfa varieties in China[J]. Grassland of China, 1998, (3):2-6, 13
- [11] 何云,刘圈伟,王成章,等. 苜蓿秋眠性研究进展[J]. 草业科学,2005(11):29-34

- HE Y, LIU Q W, WANG C Z, et al. Research progress on fall dormancy of alfalfa[J]. Pratacultural Science, 2005, (11): 29-34
- [12] 王运涛, 于林清, 萨仁. 苜蓿抗寒性研究进展[J]. 草原与草坪, 2012, 32(3): 91-96
- WANG Y T, YU L Q, SA R. Research progress on cold resistance of alfalfa[J]. Grassland and Turf, 2012, 32(3): 91-96
- [13] 武伟, 宋彦涛, 田雨. 不同秋眠等级苜蓿品种幼苗的抗冻性研究[J]. 中国草地学报, 2020, 42(1): 169-173
- WU Y, SONG Y T, TIAN Y. Study on freezing tolerance of alfalfa seedlings with different fall dormancy ratings[J]. Chinese Journal of Grassland, 2020, 42(1): 169-173
- [14] 刘志英. 不同苜蓿品种秋眠级评定及其对越冬率的影响机理[D]. 北京: 中国农业科学院, 2016: 89-90
- LIU Z Y. Evaluation of fall dormancy ratings of different alfalfa varieties and their influence mechanisms on overwintering rate[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2016: 89-90
- [15] 张浩阳, 刘美君, 卫丹丹, 等. 不同秋眠级苜蓿越冬前后叶片光合作用的比较研究[J]. 草地学报, 2022, 30(4): 983-991
- ZHANG H Y, LIU M J, WEI D D, et al. Comparative study on leaf photosynthesis of alfalfa with different fall dormancy ratings before and after overwintering[J]. Acta Agrestia Sinica, 2022, 30(4): 983-991
- [16] 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: 2
- FANG S S. Study on fall dormancy characteristics and production performance of different alfalfa varieties[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2015: 2
- [17] 孙启忠, 王宗礼, 徐丽君. 旱区苜蓿[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 117
- SUN Q Z, WANG Z L, XU L J. Alfalfa in arid regions[M]. Beijing: Science Press, 2014: 117
- [18] 王运涛, 孟德斌, 于林清, 等. 8个紫花苜蓿材料在呼和浩特地区的抗寒性和生产性能比较[J]. 中国草地学报, 2022, 44(6): 60-66
- WANG Y T, MENG D B, YU L Q, et al. Comparison of cold resistance and production performance of eight alfalfa materials in Hohhot region[J]. Chinese Journal of Grassland, 2022, 44(6): 60-66
- [19] 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
- FAN K, YAN Z J, WANG Y Q, et al. Study on production performance of 16 alfalfa varieties in Ordos region[J]. Chinese Journal of Grassland, 2021, 43(6): 61-68
- [20] 毛月. 44个不同秋眠级苜蓿品种生产性能及适应性评价[D]. 咸阳: 西北农林科技大学, 2021: 57
- MAO Y. Evaluation of production performance and adaptability of 44 alfalfa varieties with different fall dormancy ratings[D]. Xianyang: Northwest A&F University, 2021: 57
- [21] 马晓霞, 秘一先, 陈宏亮, 等. 14个引进紫花苜蓿品种在宁夏引黄灌区的生产性能和营养价值综合分析[J]. 草业科学, 2022, 39(2): 328-342
- MA X X, MI Y X, CHEN H L, et al. Comprehensive analysis of production performance and nutritional value of 14 introduced alfalfa varieties in the Yellow River irrigation area of Ningxia[J]. Pratacultural Science, 2022, 39(2): 328-342
- [22] 温丽, 高欣梅, 范勇毅, 等. 28个苜蓿品种在兴安盟地区的评价与筛选[J]. 饲料研究, 2024, 47(19): 133-139
- WEN L, GAO X M, FAN Y Y, et al. Evaluation and screening of 28 alfalfa varieties in the Xing'an League region[J]. Feed Research, 2024, 47(19): 133-139
- [23] 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
- SUN W B, MA H L, HOU X Y, et al. Comprehensive evaluation of production performance and nutritional value of 20 alfalfa varieties in two regions of Gansu Province[J]. Acta Pratacultural Sinica, 2017, 26(3): 161-174
- [24] 王晓龙, 米福贵, 李红, 等. 不同秋眠级苜蓿产量、品质及越冬率比较[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(6): 7-13, 22
- WANG X L, MI F G, LI H, et al. Comparison of yield, quality and overwintering rate of alfalfa with different fall dormancy ratings[J]. Journal of Northwest A&F University (Natural Science Edition), 2019, 47(6): 7-13, 22
- [25] 李迎. 苜蓿生产性能及品质构成因子分析与评价[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2022: 63
- LI Y. Analysis and evaluation of production performance and quality components of alfalfa [D]. Hohhot: Inner Mongolia Agricultural University, 2022: 63
- [26] 李迎, 王晓龙, 王雪婷, 等. 内蒙古中部地区不同苜蓿品种生产性能评价[J]. 中国草地学报, 2022, 44(9): 39-46
- LI Y, WANG X L, WANG X T, et al. Evaluation of production performance of different alfalfa varieties in central Inner Mongolia[J]. Chinese Journal of Grassland, 2022, 44(9): 39-46
- [27] 轩一芙, 韩子坤, 负新龙, 等. 8个紫花苜蓿品种在黑龙江省大庆地区生产性能综合评价[J]. 草原与草坪, 2025, 45(4): 179-187
- XUAN Y F, HAN Z K, YUN X L, et al. Comprehensive evaluation of production performance of eight alfalfa varieties in Daqing region, Heilongjiang Province[J]. Grassland and Turf, 2025, 45(4): 179-187
- [28] 梁维维, 张荟荟, 张学洲, 等. 新疆北疆地区32个紫花苜蓿品种的生产性能研究[J]. 中国草地学报, 2023, 45(3): 68-77
- LIANG W W, ZHANG H H, ZHANG X Z, et al. Study on production performance of 32 alfalfa varieties in northern Xinjiang[J]. Chinese Journal of Grassland, 2023, 45(3): 68-77
- [29] 陆晓燕, 侯琛, 纪树仁, 等. 不同秋眠型紫花苜蓿春播短期栽培产量的差异及与地上部分枝的关系[J]. 草地学报, 2017, 25(2): 401-406
- LU X Y, HOU C, JI S R, et al. Differences in yield of short-term cultivation in spring sowing and its relationship with aboveground branching among alfalfa varieties with different fall dormancy types[J]. Acta Agrestia Sinica, 2017, 25(2): 401-406

- [30] 安渊,胡雪华,陈凡毅,等. 半秋眠和非秋眠紫花苜蓿生长规律及再生性研究[J]. 中国草地,2003(5):44-48
AN Y, HU X H, CHEN F Y, et al. Growth patterns and regenerative characteristics of semi-fall dormant and non-fall dormant alfalfa[J]. Grassland of China,2003(5):44-48
- [31] 高婷,孙启忠,王川,等. 秋季刈割时期对不同秋眠性苜蓿品种生产性能的影响[J]. 中国草地学报,2017,39(1):27-34
GAO T, SUN Q Z, WANG C, et al. Effects of autumn cutting time on production performance of alfalfa varieties with different fall dormancy[J]. Chinese Journal of Grassland,2017,39(1):27-34
- [32] 孙延亮,刘选帅,李生仪,等. 新疆石河子地区不同秋眠级紫花苜蓿生产性能的综合评价[J]. 草地学报,2022,30(5):1227-1236
SUN Y L, LIU X S, LI S Y, et al. Comprehensive evaluation of production performance of alfalfa with different fall dormancy ratings in Shihezi region, Xinjiang[J]. Acta Agrestia Sinica, 2022,30(5):1227-1236
- [33] 王晓龙,李红,米福贵,等. 不同秋眠级苜蓿生产性能及越冬率评价[J]. 草业学报,2019,28(6):82-92
WANG X L, LI H, MI F G, et al. Evaluation of production performance and overwintering rate of alfalfa with different fall dormancy ratings[J]. Acta Prataculturae Sinica,2019,28(6):82-92
- [34] 赵忠祥,刘青松,黄素芳,等. 河北沧州地区紫花苜蓿品种的生产性能比较[J]. 中国草地学报,2021,43(2):92-100
ZHAO Z X, LIU Q S, HUANG S F, et al. Comparison of production performance of alfalfa varieties in Cangzhou region, Hebei Province[J]. Chinese Journal of Grassland,2021,43(2):92-100
- [35] 蔡海霞,王跃卿,李丽峰,等. 豫西地区春播紫花苜蓿的生产性能及营养价值评价[J]. 中国饲料,2025(3):151-159
CAI H X, WANG Y Q, LI L F, et al. Evaluation of production performance and nutritional value of spring-sown alfalfa in Western Henan region[J]. China Feed,2025(3):151-159
- [36] 齐江姣,付东青,王旭哲,等. 石河子地区不同秋眠级紫花苜蓿生产性能和营养品质比较[J]. 饲料研究,2023,46(14):125-130
QI J J, FU D Q, WANG X Z, et al. Comparison of production performance and nutritional quality of alfalfa with different fall dormancy ratings in Shihezi region[J]. Feed Research,2023,46(14):125-13
- [37] 赵牧其尔,王志军,包健,等. 7个紫花苜蓿品种在赤峰地区的综合表现评价[J]. 黑龙江畜牧兽医,2022(16):94-101,139
ZHAO M Q R, WANG Z J, BAO J, et al. Comprehensive performance evaluation of seven alfalfa varieties in Chifeng region[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2022(16):94-101, 139
- [38] 唐开婷,张凡凡,王旭哲,等. 北疆10个不同秋眠级紫花苜蓿引进品种产量与营养品质研究[J]. 中国草地学报,2018,40(3):43-48
TANG K T, ZHANG F F, WANG X Z, et al. Study on yield and nutritional quality of ten introduced alfalfa varieties with different fall dormancy ratings in Northern Xinjiang[J]. Chinese Journal of Grassland,2018,40(3):43-48
- [39] 赵海明,游永亮,李源,等. 不同秋眠级苜蓿品种在海河平原区的适应性评价[J]. 中国草地学报,2020,42(1):48-57
ZHAO H M, YOU Y L, LI Y, et al. Adaptability evaluation of alfalfa varieties with different fall dormancy ratings in the Haihe Plain region[J]. Chinese Journal of Grassland,2020,42(1):48-57
- [40] 李陆斌,艾比布拉·伊马木,哈里木拉提·努热合买提,等. 不同秋眠级苜蓿品种在天山北坡农业区的生长与生产性能比较[J]. 饲料研究,2024,47(21):130-137
LI L B, YIMAM A, NUREHEMAITI H, et al. Comparison of growth and production performance of alfalfa varieties with different fall dormancy ratings in the agricultural area of northern slope of Tianshan Mountains[J]. Feed Research,2024,47(21):130-137
- [41] 李妍,马富龙,韩路,等. 美国‘WL’系列不同秋眠级苜蓿品种在南疆的生产性能与适应性评价[J]. 草业学报,2024,33(3):139-149
LI Y, MA F L, HAN L, et al. Evaluation of production performance and adaptability of American ‘WL’ series alfalfa varieties with different fall dormancy ratings in Southern Xinjiang[J]. Acta Prataculturae Sinica,2024,33(3):139-149

(责任编辑 刘婷婷)