

DOI:10.11686/cyxb2025381

<http://cyxb.magtech.com.cn>

王霞, 颜梦雨, 王千禧, 等. 江淮地区不同秋眠性紫花苜蓿品种的生产性能比较研究. 草业学报, 2026, 35(8): 65—83.

WANG Xia, YAN Meng-yu, WANG Qian-xi, *et al.* A comparative study of the yield of alfalfa (*Medicago sativa*) varieties with different fall dormancy in the Yangtze-Huaihe region. Acta Prataculturae Sinica, 2026, 35(8): 65—83.

## 江淮地区不同秋眠性紫花苜蓿品种的生产性能比较研究

王霞<sup>1</sup>, 颜梦雨<sup>1</sup>, 王千禧<sup>1</sup>, 魏臻武<sup>1</sup>, 魏佳<sup>1</sup>, 曹正锋<sup>1</sup>, 吕燕燕<sup>2</sup>, 张传杰<sup>1</sup>, 闵学阳<sup>1\*</sup>

(1. 扬州大学动物科学与技术学院, 扬州大学草业科学研究所, 江苏 扬州 225009; 2. 南通大学地理科学学院, 江苏 南通 226007)

**摘要:**针对江淮地区夏季高温高湿胁迫制约苜蓿优质高产的关键问题,于2023—2024年在扬州地区以42个不同秋眠性紫花苜蓿品种为材料,系统比较了其生育期、株高、草产量、叶茎比、再生速度、越冬率及粗蛋白等指标,并采用灰色关联分析法进行综合评价。结果表明,参试品种在返青期、再生速度、各茬次产量及越冬表现上存在显著差异( $P<0.05$ );品种间叶粗蛋白含量在各季节间相对稳定,而叶茎比季节波动显著。相关性分析显示,秋眠级与返青期株高( $r=0.69$ )、秋季自然株高( $r=0.68$ )、再生速度( $r=0.68$ )、夏季第2茬草产量( $r=0.44$ )、秋季草产量( $r=0.37$ )呈正相关,而与夏季相对减产率呈显著负相关( $r=-0.5$ )。灰色关联分析进一步明确WL525HQ、淮扬4号、巨能801、WL656HQ和赛迪10为关联度较高的优选品种,兼具高产潜力和夏季逆境适应能力。综上,秋眠性可作为江淮地区苜蓿引种与适应性评价的有效参考,结合全生育期综合评价,可为该地区苜蓿品种选育与推广提供可靠的种质资源与理论依据。

**关键词:**苜蓿;秋眠级;生产性能;耐热性;江淮地区

## A comparative study of the yield of alfalfa (*Medicago sativa*) varieties with different fall dormancy in the Yangtze-Huaihe region

WANG Xia<sup>1</sup>, YAN Meng-yu<sup>1</sup>, WANG Qian-xi<sup>1</sup>, WEI Zhen-wu<sup>1</sup>, WEI Jia<sup>1</sup>, CAO Zheng-feng<sup>1</sup>, LV Yan-yan<sup>2</sup>, ZHANG Chuan-jie<sup>1</sup>, MIN Xue-yang<sup>1\*</sup>

1. College of Animal Science and Technology, Institute of Grassland Science, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. School of Geographic Science, Nantong University, Nantong 226007, China

**Abstract:** Summer stress characterized by high temperature and humidity is a major constraint to achieving high yield and quality in alfalfa production in the Yangtze-Huaihe region. To identify stress-adapted germplasm, a field experiment was conducted in Yangzhou from 2023 to 2024, evaluating 42 alfalfa varieties with contrasting fall dormancy (FD) ratings. We investigated a range of agronomic and physiological traits, including phenology, plant height, forage yield, leaf: stem ratio, regrowth capacity, summer survival, and crude protein content. Grey relational analysis (GRA) was employed for an overall performance assessment. Significant varietal differences ( $P<0.05$ ) were observed at regreening time, and for regrowth vigor, cumulative seasonal yield, and summer persistence. While leaf crude protein content remained stable across seasons, the leaf: stem ratio showed

收稿日期:2025-09-22;改回日期:2025-11-10

基金项目:2024年江苏省研究生科研创新计划(SJCX24-2294),国家自然科学基金(32301474)和江苏省基础研究计划自然科学基金青年基金(BK20220583;BK20230606)资助。

作者简介:王霞(1996—),女,贵州遵义人,在读硕士。E-mail: mz120231540@stu.yzu.edu.cn

\* 通信作者 Corresponding author. E-mail: minxy@yzu.edu.cn

considerable seasonal variation. A significant negative correlation was found between FD rating and the summer relative yield reduction rate ( $r = -0.50$ ), indicating that less dormant varieties exhibit superior heat tolerance and summer survival. GRA identified WL525HQ, Huaiyang No. 4, Magnum No. 801, WL656HQ, and Saidi 10 as top-performing varieties, combining high yield potential with exceptional resilience to summer adversity. This study establishes fall dormancy as a valuable proxy for selecting alfalfa varieties suitable for the Yangtze-Huaihe region, and the top-performing varieties provide a reliable genetic resource for breeding programs aimed at enhancing alfalfa productivity in this challenging environment.

**Key words:** alfalfa; fall dormancy rating; production performance; heat resistance; Yangtze-Huaihe region

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)因其营养丰富、适应性强且具备生物固氮能力,在全球畜牧业体系中占有举足轻重的地位<sup>[1]</sup>。目前,我国苜蓿种植主要集中于北方干旱与半干旱区域,如甘肃河西走廊、内蒙古中东部及新疆北疆等地,相应的育种研究也长期侧重于耐旱、抗寒等性状的改良<sup>[2]</sup>。相比之下,在水热资源丰富的南方地区<sup>[3]</sup>,特别是作为气候过渡带的江淮区域,苜蓿生产虽蕴藏巨大潜力,却面临夏季持续性高温高湿复合胁迫的严峻挑战,导致植株越夏死亡率高、再生能力差和产量锐减<sup>[4]</sup>。在此过程中,影响苜蓿引种实践的关键理论问题亟待澄清:即江淮地区紫花苜蓿秋眠性与生产性能之间是否存在稳定的内在关联。

秋眠性(fall dormancy, FD)是指导苜蓿引种与适应性评价的关键表型指标。在引种实践中,秋眠性的生态诠释必须与目标区域的主导胁迫因子相匹配。经典理论将秋眠性与抗寒性紧密关联,认为低秋眠级是高纬度、高海拔地区安全越冬的保障,而高秋眠级品种则因其冬季活跃生长特性可能更适应南方暖湿地区<sup>[5-7]</sup>。这一“高秋眠级等同强耐热性”的经验推论,在很大程度上影响南方地区的品种选择。然而,现有关于秋眠性与耐热性关联的研究尚存争议:虽有证据表明高秋眠级品种在苗期或萌发期可能具备一定耐热优势<sup>[8-9]</sup>,但成株期的生理响应(如膜稳定性、抗氧化酶活性)与秋眠级并无稳定关联<sup>[10-11]</sup>。这些相互矛盾的证据表明,苜蓿的耐热性是一个由多基因控制的复杂性状,其与秋眠性的关联可能受到遗传背景、发育阶段及环境互作的显著影响。这种复杂性在跨生态区的引种实践中得到了进一步印证。在新疆等高纬度内陆地区,秋眠级较高的品种表现出良好的产量潜力,却常因越冬能力不足而受限<sup>[12-14]</sup>;在西藏高海拔河谷区,秋眠级与生产性能之间并无明显规律<sup>[15]</sup>;类似的,在呼和浩特等寒冷地区,秋眠级较低的品种通常表现出较强的越冬适应性,但与干草产量的关联较弱<sup>[16]</sup>;而在海河平原区,秋眠级不仅与越冬率密切相关,还与株高、粗蛋白含量及相对饲用价值等性状形成显著关联<sup>[17]</sup>。这些现象表明,秋眠性的生态指示价值存在显著的地域局限性。近年来,我国各地围绕不同秋眠级苜蓿引种开展了大量比较试验,但在南方的湿热胁迫环境下,秋眠性能否作为可靠预测苜蓿生产性能的指标,尚缺乏系统性的田间试验证据。

为此,本研究以42个不同秋眠性紫花苜蓿品种为材料,在典型江淮生态区开展大田全生长周期评价。旨在:1)解析秋眠性与苜蓿关键农艺性状,尤其是越夏表现、再生能力及产量构成的内在关联;2)综合分析农艺性状与季节性高温高湿胁迫强度的响应关系;3)通过多维度性状整合分析,筛选出兼具高产潜力与夏季耐逆能力的优良种质。研究结果将为南方湿热地区苜蓿引种与耐热育种亲本选配提供直接的理论依据与种质资源。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地自然概况

试验于扬州大学扬子津牧草试验基地进行。该试验基地地理位置为东经119°30′,北纬32°30′,海拔32.22 m。该区域位于亚热带季风性湿润气候向温带季风气候的过渡地带,年均日照时数1803.3 h。2024年最冷月为1月,月均最高气温为8.7℃,最低为-1.3℃;最热月为8月,月均最高气温为35.9℃,最低为27.2℃,年均降水量1374.7 mm,气象资料由扬州市气象局(<http://js.cma.gov.cn/dsjwz/yzs/>)提供(图1)。经测定该试验地土壤有机质含量为11.89%,碱解氮含量为88.26 mg·kg<sup>-1</sup>,速效磷含量为6.04 mg·kg<sup>-1</sup>,速效钾含量为42.33 mg·kg<sup>-1</sup>。土壤pH值为7.43,呈弱碱性。

## 1.2 供试材料

基于秋眠级、草产量与耐湿热特性,筛选出 42 个秋眠性覆盖 1~11 级的苜蓿品种进行田间评价。根据 GB/T 37069—2018 国家标准,将供试品种的秋眠性划分为 5 类:极秋眠型[1 级]、秋眠型(1~3 级)、半秋眠型(3~6 级)、非秋眠型(6~9 级)和极非秋眠型(9~11 级)<sup>[18]</sup>。参试品种信息详见表 1。

## 1.3 田间试验设计

采取随机区组设计,3 次重复。小区面积 1.2 m<sup>2</sup>(2.0 m×0.6 m),行距 30 cm。于 2023 年 10 月 14 日采用人工开沟条播,播种密度 150 粒·m<sup>-2</sup>,播种深度 2~3 cm。试验地周边设保护行以减小边行效应,其间仅进行除草、杀虫等常规管理,未实施灌溉。2024 年 3—12 月观测记录各品种生长指标。

## 1.4 测定指标与方法

生育期、株高(各茬次刈割后株高)、再生速度、叶茎比、叶/茎粗蛋白、草产量等指标测定参照草品种审定技术规程(GB/T 30395—2013)<sup>[19]</sup>,于 2023 年 10 月 17 日至 12 月 7 日、2024 年 3 月 3 日至 5 月 17 日期间,采用目测法观测记录参试品种的出苗期、返青期、现蕾期(50% 植株现蕾)、初花期(20% 植株开花)及盛花期(80% 植株开花)。2024 年 3 月 19 日至 11 月 29 日期间,每周测定 2 次株高,每小区随机选取 10 株,重复 3 次,测定从地面至植株最高部位的绝对高度,初花期结束测定。于春(2024 年 5 月 18 日)、第 2 茬(2024 年 6 月 18 日)、夏 I (2024 年 7 月 19 日)、夏 II (2024 年 9 月 4 日)和秋季(2024 年 10 月 29 日)刈割,刈割后立即测产,每次均在初花期进行,留茬高度 5 cm。刈割后每个小区称取鲜草 100 g,3 次重复,人工将茎、叶、花序分开,其中花序归为叶。经 105 °C 杀青 15 min 后,65 °C 烘 24 h 至恒重,分别称取干重计算叶茎比,叶茎比=叶片干重/茎秆干重。茎、叶样品按 GB/T 20195—2024<sup>[20]</sup>制备,粉碎过 0.42 mm 筛,混匀密封保存,采用凯氏定氮法(K9860 全自动凯氏定氮仪和石墨消解仪,海能未来技术集团股份有限公司,上海)测定茎和叶粗蛋白含量,重复 3 次。各茬次初花期刈割后立即称取鲜重,烘干后称取干重。鲜干比=鲜重/干重,重复 3 次。

## 1.5 数据处理分析

原始数据经 Excel 整理后,通过统计软件 SPSS 25 对试验数据进行方差分析与一般线性模型统计分析,并利用 LSD 和 Duncan 法进行多重比较。在进行 Pearson 相关性分析前,所有数据均通过正态性与方差齐性检验。各测定指标采用双因素方差分析,多重比较使用 Tukey HSD 方法,显著性水平设为 0.05。结果以“平均值±标准差(Means±SD)”表示。

基于灰色关联分析原理<sup>[21-22]</sup>,首先构建标准参照序列( $r_0$ ),即理想序列,其各指标值取所有参试品种中该指标的最优值(正向指标取最大值,负向指标如减产率则取最小值)作为参考列,记为 $\{r_0(k)\}$ ( $k=1,2,3,4,\dots,n$ );而参试品种中的各项指标作为评价指标为比较数列,即参评指标观测值集合,记为 $\{r_i(k)\}$ ( $i=1,2,3,4,\dots,n;k=1,2,3,4,\dots,m$ )。即供试品种以  $r$  表示,性状以  $k$  表示;任一处理序列( $r_i$ )与  $r_0$  的关联度越高,表明该品种的综合表现越优。计算公式如下:

$$\text{关联系数 } \zeta(k) = \frac{\min_i \min_k |r_0(k) - r_i(k)| + \rho \max_i \max_k |r_0(k) - r_i(k)|}{|r_0(k) - r_i(k)| + \rho \max_i \max_k |r_0(k) - r_i(k)|}$$

$$\text{等权关联度 } x_i = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta(k)$$

$$\text{权重系数 } \omega_i = \frac{x_i}{\sum x_i}$$

$$\text{加权关联度 } x'_i = \sum_{k=1}^n \omega_i(k) \zeta_i(k)$$

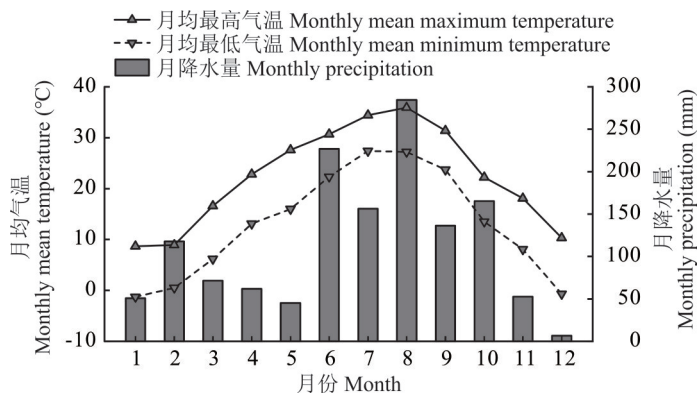


图 1 试验地 2024 年气温及降水概况

Fig. 1 Overview of temperature and precipitation at the test site in 2024

表1 42个参试紫花苜蓿品种信息及来源

Table 1 Information and sources of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种 Cultivar           | FD      | 类型 Type | 来源 Source                                                                             |
|-----------------------|---------|---------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Maverick              | 1       | EFD     | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Vernal                | 2       | FD      | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Boja                  | 3       | FD      | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Ranger                | 3       | FD      | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Archer                | 5       | MFD     | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Abi 700               | 6       | MFD     | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| Sutter                | 7       | NFD     | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| CUF 101               | 9       | NFD     | 美国国家种质资源库 National Plant Germplasm System                                             |
| 巨能 995 Magnum No. 995 | 9+      | ENFD    | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 皇冠 Crown              | 2~3     | FD      | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 巨能 801 Magnum No. 801 | 8       | NFD     | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 巨能 601 Magnum No. 601 | 6       | MFD     | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| MF4020                | 4       | MFD     | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 沃苜 1号 Womu No. 1      | 3.5     | MFD     | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 斯贝德 Spade             | 1       | EFD     | 北京克劳沃种业有限公司 Clover (Beijing) Ecological Technology Co., Ltd                           |
| 草原 3号 Caoyuan No. 3   | 1       | EFD     | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| 中苜 1号 Zhongmu No. 1   | 3~4     | MFD     | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| 甘农 3号 Gannong No. 3   | 3~4     | MFD     | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| 龙牧 806 Longmu 806     | 1.2~1.6 | FD      | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| 甘农 9号 Gannong No. 9   | 7       | NFD     | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| 公农 5号 Gongnong No. 5  | 3       | FD      | 酒泉大业种业有限公司 Jiuquan Daye Seed Industry Co., Ltd.                                       |
| WL712                 | 10.2    | ENFD    | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| WL656HQ               | 9.3     | ENFD    | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| WL525HQ               | 8       | NFD     | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| WL358HQ               | 4.1     | MFD     | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| 惊喜 Surprise           | 4       | MFD     | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| WL298HQ               | 3.2     | MFD     | 北京正道种业有限公司 Beijing Zhengdao Seed Co., Ltd.                                            |
| 艾薇雅 Aivia             | 8       | NFD     | 北京佰青源畜牧业科技发展有限公司 Beijing Baqingyuan Animal Husbandry Technology Development Co., Ltd. |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 7       | NFD     | 北京佰青源畜牧业科技发展有限公司 Beijing Baqingyuan Animal Husbandry Technology Development Co., Ltd. |
| 大银河 Galaxie Max       | 4.3     | MFD     | 北京佰青源畜牧业科技发展有限公司 Beijing Baqingyuan Animal Husbandry Technology Development Co., Ltd. |
| 阿迪娜+ Adrenalin+       | 4       | MFD     | 北京佰青源畜牧业科技发展有限公司 Beijing Baqingyuan Animal Husbandry Technology Development Co., Ltd. |
| 燃力士 Energizer         | 6       | MFD     | 北京百斯特草业有限公司 Beijing Best Grass Industry Co., Ltd.                                     |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 5       | MFD     | 北京百斯特草业有限公司 Beijing Best Grass Industry Co., Ltd.                                     |
| 威龙 Weilon             | 3       | FD      | 北京百斯特草业有限公司 Beijing Best Grass Industry Co., Ltd.                                     |
| 北极熊 Gibraltar         | 2       | FD      | 北京百斯特草业有限公司 Beijing Best Grass Industry Co., Ltd.                                     |
| 天马 Pegasis            | 9       | NFD     | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 10      | ENFD    | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| 游客+Eureka+            | 8       | NFD     | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| Bara520YQ             | 5       | MFD     | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| Bara416WET            | 4       | MFD     | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| 苜蓿皇后 Queen            | 2       | FD      | 百绿(天津)国际草业有限公司 Barenbrug Grass Industry International (Tianjin) Co., Ltd.             |
| 淮扬 4号 Huaiyang No. 4  | 3       | FD      | 扬州大学 Yangzhou University                                                              |

FD: 秋眠级 Fall dormancy rating; EFD: 极秋眠型 Extremely fall dormancy type; FD: 秋眠型 Fall dormancy type; MFD: 半秋眠型 Moderate fall dormancy type; NFD: 非秋眠型 Non-fall dormancy type; ENFD: 极非秋眠型 Extremely non-fall dormancy type.

式中:  $\min_i \min_k |r_0(k) - r_i(k)|$  为二级最小差;  $\max_i \max_k |r_0(k) - r_i(k)|$  为二级最大差;  $\rho$  为分辨系数, 取值范围(0, 1), 通常取 0.5。

## 2 结果与分析

### 2.1 42个参试紫花苜蓿品种的生育期

田间观察结果显示, 参试品种出苗时间为播种后 3~20 d。其中, Maverick、Vernal、Abi 700 出苗最早, 仅需 3 d; Boja、Sutter、MF4020、CUF 101、斯贝德、公农 5 号、WL358HQ、惊喜、WL298HQ、南苜 701、大银河、北极熊品种出苗较晚, 为 20 d, 其他品种出苗时间集中在播种后的 14~15 d (表 2)。

翌年春季返青期观测结果显示, 81% 的品种集中在 2024 年 3 月 10 日至 19 日, 主要为秋眠级 1~6 级的品种。高秋眠级 (6~11 级) 品种如 CUF 101、巨能 801、巨能 601、WL525HQ、游客+, 以及极少数低秋眠级品种如 Bara416WET 和淮扬 4 号, 返青期较早, 集中于 3 月 3 日, 较 83% 的品种提前 1~2 周。这一现象可能表明高秋眠级的苜蓿品种对早春积温具有更高的敏感性。而 Vernal、Abi 700、巨能 601、WL712、WL656HQ、WL525HQ、艾薇雅、赛迪 10、淮扬 4 号、草原 3 号、龙牧 806、阿迪娜+、燃力士和 Bara520YQ 品种较早进入分枝期, 较其他品种早 2~22 d。多数品种于 2024 年 4 月 23 日进入现蕾期, 包括 Maverick、Vernal、Abi 700、CUF 101、皇冠、巨能 801、巨能 601、MF4020、斯贝德、中苜 1 号、龙牧 806、艾薇雅、南苜 701、大银河、阿迪娜+、燃力士、赛沃 5、赛迪 10、游客+ 和淮扬 4 号。品种北极熊现蕾期最晚, 为 5 月 5 日。所有供试材料的初花期均集中在 5 月初。综上, 不同秋眠级苜蓿品种在返青期、分枝期、现蕾期等关键生育时期均存在明显差异。

### 2.2 42个参试紫花苜蓿品种生长动态

参试品种前期生长快不仅有助于初花期生物量的积累, 还能增加全年刈割次数, 也利于田间杂草早期防控。在江淮地区, 参试的苜蓿品种于 3 月初陆续返青进入营养生长阶段, 品种间株高呈显著差异 ( $P < 0.01$ ), 且同一品种在不同测量时间点的株高变化同样达显著水平 ( $P < 0.01$ , 表 3)。返青后首次株高测量 (2024 年 3 月 19 日) 结果显示, 各品种株高变异幅度较大, 为 6.62~15.16 cm。如高秋眠级品种燃力士 (15.16 cm) 的株高显著高于低秋眠级品种草原 3 号 (6.62 cm)。随着植株进入营养生长中后期, 秋眠性对株高的影响逐渐减弱。至盛花期 (5 月中旬), 株高与秋眠级不再呈线性关系。如秋眠级为 4.3 的大银河最高 (94.90 cm), 生长速度也最快, 为  $1.45 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ , 显著高于高秋眠级品种 Abi 700、Sutter、巨能 801 和 WL712 等; 100% 的中等秋眠级 (3~6 级) 的品种如中苜 1 号、甘农 3 号、惊喜、MF4020 等与高秋眠级的品种之间株高无显著差异。所有参试品种春季苜蓿生长速度为  $1.07 \sim 1.45 \text{ cm} \cdot \text{d}^{-1}$ , 随着生育进程各参试品种生长速度之间差异显著减小。

### 2.3 42个参试紫花苜蓿品种草产量

通过比较 5 个茬次的鲜草产量及全年总鲜草产量, 结果显示, 不同茬次间及总鲜草产量均存在显著差异 ( $P < 0.01$ ); 品种、茬次以及品种与茬次的交互作用对鲜草产量均具有显著影响 ( $P < 0.01$ , 表 4)。春季的第 1 茬产量占全年总产量的 50% 以上, 前两茬合计占比超过 75%, 而夏季后期和秋季的产量贡献相对较小, 仅占 6.86%。全年鲜草总产量最高的品种为 Archer 和 WL525HQ, 均达到了  $8.82 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , 其次是 Sutter ( $8.52 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、WL298HQ ( $8.16 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、Bara416WET ( $8.14 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) 和 MF4020 ( $8.10 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )。Boja、Ranger 和草原 3 号的草产量均低于  $4.30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , 明显低于其他品种。

从各茬次来看, 产量表现为第 1 茬 (春) > 第 2 茬 > 第 3 茬 (夏季 I) > 第 4 茬 (夏季 II) > 第 5 茬 (秋)。第 1 茬产量较高的品种包括 Sutter、甘农 3 号、公农 5 号、大银河、Bara416WET、Vernal、Abi 700 等, 产量为  $3.88 \sim 4.31 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ; 第 2 茬产量以 Abi 700 ( $2.41 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、WL525HQ ( $2.39 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、Sutter ( $2.36 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、燃力士 ( $2.27 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、WL298HQ ( $2.26 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) 表现较佳。第 3 茬产量普遍下降, 产量相对较高的品种有 MF4020 ( $1.70 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )、赛沃 5 ( $1.63 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) 和 WL525HQ ( $1.62 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ ) 等; 第 4 茬和第 5 茬产量进一步降低, 多数品种产量不足  $0.50 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2}$ , 其中 Vernal、草原 3 号等品种因越夏、秋季干旱等问题大面积死亡, 在第 5 茬几乎无产量。

### 2.4 42个参试紫花苜蓿品种株高

各茬次刈割后的再生株高在一定程度上反映了各参试品种的生长状况。所有参试品种的株高从第 1 茬到第 5 茬呈递减趋势, 各茬次株高存在显著差异 ( $P < 0.05$  或  $P < 0.01$ ) (表 5)。第 1 茬较高的 5 个品种是燃力士 ( $86.52$

表 2 42 个参试紫花苜蓿品种的生育期  
Table 2 Different growth periods of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种<br>Cultivar        | 出苗期<br>Seeding stage | 分枝期<br>Branching period | 返青期<br>Rejuvenation period | 现蕾期<br>Budding stage | 初花期 Early<br>flowering period | 盛花期<br>Flowering period |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------------|
| Maverick              | 2023-10-17           | 2023-11-22              | 2024-03-19                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| Vernal                | 2023-10-17           | 2023-11-16              | 2024-03-19                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| Boja                  | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-10                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| Ranger                | 2023-10-28           | 2023-12-06              | 2024-03-10                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-16              |
| Archer                | 2023-10-28           | 2023-12-06              | 2024-03-19                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| Abi 700               | 2023-10-17           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| Sutter                | 2023-11-03           | 2023-11-29              | 2024-03-10                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-16              |
| CUF 101               | 2023-11-03           | 2023-11-29              | 2024-03-03                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 巨能 995 Magnum No. 995 | 2023-10-18           | 2023-11-20              | 2024-03-09                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-16              |
| 皇冠 Crown              | 2023-10-18           | 2023-11-20              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 巨能 801 Magnum No. 801 | 2023-10-18           | 2023-11-18              | 2024-03-03                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 巨能 601 Magnum No. 601 | 2023-10-28           | 2023-11-16              | 2024-03-03                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| MF4020                | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-11                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1     | 2023-10-29           | 2023-12-06              | 2024-03-11                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| 斯贝德 Spade             | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-11                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 草原 3 号 Caoyuan No. 3  | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-19                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| 中苜 1 号 Zhongmu No. 1  | 2023-10-28           | 2023-12-07              | 2024-03-19                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 甘农 3 号 Gannong No. 3  | 2023-10-28           | 2023-11-29              | 2024-03-19                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-10              |
| 龙牧 806 Longmu 806     | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 甘农 9 号 Gannong No. 9  | 2023-10-28           | 2023-12-06              | 2024-03-10                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-17              |
| 公农 5 号 Gongnong No. 5 | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-19                 | 2024-05-04           | 2024-05-07                    | 2024-05-17              |
| WL712                 | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-19                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-17              |
| WL656HQ               | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-17              |
| WL525HQ               | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-03                 | 2024-05-04           | 2024-05-07                    | 2024-05-16              |
| WL358HQ               | 2023-11-03           | 2023-11-28              | 2024-03-19                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-16              |
| 惊喜 Surprise           | 2023-11-03           | 2023-11-28              | 2024-03-19                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-16              |
| WL298HQ               | 2023-11-03           | 2023-11-29              | 2024-03-19                 | 2024-05-01           | 2024-05-10                    | 2024-05-17              |
| 艾薇雅 Aivia             | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 大银河 Galaxie Max       | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-12              |
| 阿迪娜+ Adrenalin+       | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-11                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 燃力士 Energizer         | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 2023-10-20           | 2023-11-26              | 2024-03-11                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 威龙 Weilon             | 2023-10-28           | 2023-11-26              | 2024-03-19                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| 北极熊 Gibraltar         | 2023-11-03           | 2023-12-07              | 2024-03-19                 | 2024-05-05           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| 天马 Pegasis            | 2023-10-29           | 2023-11-26              | 2024-03-10                 | 2024-05-01           | 2024-05-07                    | 2024-05-17              |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| 游客+ Eureka+           | 2023-10-20           | 2023-11-26              | 2024-03-03                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |
| Bara520YQ             | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-10                 | 2024-05-04           | 2024-05-10                    | 2024-05-16              |
| Bara416WET            | 2023-10-20           | 2023-11-26              | 2024-03-03                 | 2024-05-04           | 2024-05-10                    | 2024-05-17              |
| 苜蓿皇后 Queen            | 2023-10-24           | 2023-11-26              | 2024-03-10                 | 2024-05-04           | 2024-05-12                    | 2024-05-17              |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 2023-10-18           | 2023-11-16              | 2024-03-03                 | 2024-04-23           | 2024-04-29                    | 2024-05-10              |

表 3 42 个参试紫花苜蓿品种春季刈割前生长动态比较

Table 3 Comparison of spring growth dynamics of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种<br>Cultivar        | 高度 Height (cm)      |               |                |              |               |               |                | 生长速度 Growth<br>rate (cm·d <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------|---------------------|---------------|----------------|--------------|---------------|---------------|----------------|-------------------------------------------|
|                       | 2024-03-19          | 2024-04-09    | 2024-04-16     | 2024-04-23   | 2024-04-30    | 2024-05-07    | 2024-05-14     |                                           |
| Maverick              | 7.54±2.92hij        | 27.63±7.48ab  | 35.15±9.93bc   | 43.37±12.57a | 52.72±11.28b  | 55.50±5.04b   | 71.76±6.13bc   | 1.15±0.06bc                               |
| Vernal                | 7.48±3.06hij        | 27.92±8.20ab  | 35.32±12.32abc | 41.66±14.59a | 51.35±13.86b  | 57.54±13.57ab | 67.20±11.57c   | 1.07±0.15c                                |
| Boja                  | 7.24±2.78ij         | 28.69±10.67ab | 39.82±12.84abc | 46.99±15.40a | 58.48±17.11ab | 61.66±17.76ab | 69.03±16.48bc  | 1.10±0.25bc                               |
| Ranger                | 10.10±2.82bcdefghij | 32.11±7.97ab  | 42.31±11.18abc | 48.30±16.26a | 60.73±16.07ab | 68.81±14.18ab | 78.83±14.69abc | 1.23±0.22abc                              |
| Archer                | 10.63±2.94bcdefghij | 31.03±4.21ab  | 42.87±6.72abc  | 49.14±10.21a | 62.22±9.22ab  | 66.99±12.98ab | 78.19±13.18abc | 1.21±0.19abc                              |
| Abi 700               | 11.59±1.69abcdefgh  | 31.77±8.55ab  | 41.64±9.15abc  | 50.11±13.42a | 62.91±13.80ab | 66.36±18.77ab | 73.78±13.07bc  | 1.11±0.22bc                               |
| Sutter                | 11.61±2.45abcdefgh  | 34.79±6.29ab  | 43.82±5.58abc  | 47.58±4.58a  | 61.62±5.06ab  | 64.57±9.82ab  | 73.83±9.09bc   | 1.11±0.19bc                               |
| CUF 101               | 12.08±2.55abcdefg   | 30.85±6.66ab  | 40.41±10.00abc | 45.00±13.38a | 55.05±14.09ab | 65.92±7.23ab  | 75.68±12.96abc | 1.14±0.24bc                               |
| 巨能 995 Magnum 995     | 9.19±2.08efghij     | 30.22±6.18ab  | 43.21±6.19abc  | 50.15±7.66a  | 65.30±8.50ab  | 70.38±6.63ab  | 81.49±9.59abc  | 1.29±0.14abc                              |
| 皇冠 Crown              | 10.12±1.22bcdefghij | 30.99±4.98ab  | 42.33±6.76abc  | 49.28±11.44a | 63.33±12.29ab | 68.53±5.54ab  | 82.32±7.66abc  | 1.29±0.14abc                              |
| 巨能 801 Magnum 801     | 13.98±0.80ab        | 35.04±3.64ab  | 44.42±4.80abc  | 50.36±8.41a  | 59.89±7.56ab  | 64.16±7.17ab  | 74.37±4.82bc   | 1.08±0.08c                                |
| 巨能 601 Magnum 601     | 8.77±0.80efghij     | 28.15±3.92ab  | 39.42±2.77abc  | 47.57±5.51a  | 60.37±6.14ab  | 66.63±4.76ab  | 81.57±6.12abc  | 1.30±0.12abc                              |
| MF4020                | 9.74±1.89cdefghij   | 32.26±9.87ab  | 44.50±13.77abc | 51.77±16.24a | 64.31±12.51ab | 69.90±12.24ab | 80.09±14.08abc | 1.26±0.22abc                              |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1     | 7.91±2.23ghij       | 28.35±4.98ab  | 38.28±9.03abc  | 46.07±13.69a | 58.47±13.01ab | 66.47±10.52ab | 77.87±10.03abc | 1.25±0.14abc                              |
| 斯贝德 Spade             | 8.16±3.44ghij       | 29.72±10.63ab | 40.87±14.91abc | 51.28±12.27a | 65.11±10.29ab | 68.65±14.41ab | 83.07±17.00abc | 1.34±0.24abc                              |
| 草原 3 号 Caoyuan No. 3  | 6.62±0.68i          | 26.13±5.71b   | 34.94±5.81c    | 44.60±10.59a | 55.12±10.97ab | 60.83±11.62ab | 70.66±12.72bc  | 1.14±0.22bc                               |
| 中苜 1 号 Zhongmu No. 1  | 10.36±1.34bcdefghij | 35.16±9.00ab  | 43.87±8.25abc  | 53.23±10.71a | 66.33±10.39ab | 71.47±9.17ab  | 85.57±5.22abc  | 1.34±0.09abc                              |
| 甘农 3 号 Gannong No. 3  | 9.97±2.41bcdefghij  | 36.40±5.62ab  | 48.69±7.52abc  | 55.84±7.34a  | 69.96±11.00ab | 77.03±8.24a   | 87.08±8.11ab   | 1.38±0.11ab                               |
| 龙牧 806 Longmu 806     | 8.44±1.99fghij      | 30.48±5.05ab  | 41.07±5.65abc  | 50.03±6.83a  | 59.91±8.21ab  | 68.76±4.71ab  | 80.42±4.40abc  | 1.29±0.04abc                              |
| 甘农 9 号 Gannong No. 9  | 11.01±0.06bcdefghi  | 35.84±4.49ab  | 47.09±3.89abc  | 56.03±4.30a  | 65.95±4.98ab  | 73.28±6.89ab  | 82.39±5.38abc  | 1.27±0.10abc                              |
| 公农 5 号 Gongnong No. 5 | 9.40±1.91defghij    | 33.23±4.50ab  | 42.48±10.25abc | 50.54±13.13a | 62.35±12.61ab | 70.98±10.82ab | 81.51±8.74abc  | 1.29±0.13abc                              |
| WL712                 | 10.29±1.21bcdefghij | 29.81±3.47ab  | 41.65±6.31abc  | 48.43±11.79a | 60.90±10.43ab | 65.63±11.19ab | 74.95±10.90bc  | 1.15±0.17abc                              |
| WL656HQ               | 12.95±3.80abcde     | 36.82±7.63ab  | 45.61±5.16abc  | 56.14±8.18a  | 67.36±9.32ab  | 70.87±4.80ab  | 81.45±6.26abc  | 1.22±0.08abc                              |
| WL525HQ               | 11.84±2.47abcdefg   | 34.83±5.41ab  | 45.38±9.33abc  | 53.48±12.06a | 67.27±11.11ab | 74.83±8.53ab  | 83.82±8.48abc  | 1.29±0.11abc                              |
| WL358HQ               | 8.34±0.55ghij       | 28.29±2.32ab  | 38.72±5.32abc  | 46.45±11.31a | 59.11±10.10ab | 62.17±9.75ab  | 79.41±8.57abc  | 1.27±0.15abc                              |
| 惊喜 Surprise           | 7.94±1.17ghij       | 28.30±5.16ab  | 35.00±5.16bc   | 42.47±9.60a  | 54.87±10.21ab | 58.06±5.18ab  | 72.08±7.19bc   | 1.15±0.13bc                               |
| WL298HQ               | 8.55±1.37fghij      | 29.25±3.64ab  | 38.66±3.33abc  | 48.63±3.74a  | 59.90±4.27ab  | 65.52±4.54ab  | 77.29±1.37abc  | 1.23±0.00abc                              |
| 艾薇雅 Aivia             | 13.51±2.22abcd      | 37.20±6.78ab  | 48.77±11.76abc | 55.49±15.06a | 66.38±12.28ab | 70.97±11.27ab | 84.45±9.43abc  | 1.27±0.13abc                              |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 11.69±1.90abcdefgh  | 30.53±5.82ab  | 43.13±6.55abc  | 47.50±11.08a | 63.07±9.53ab  | 64.57±7.16ab  | 81.03±4.11abc  | 1.24±0.07abc                              |
| 大银河 Galaxie Max       | 13.83±3.18abc       | 38.01±8.24ab  | 51.46±9.36ab   | 60.41±11.59a | 75.16±13.34a  | 77.20±8.51a   | 94.90±10.60a   | 1.45±0.13a                                |
| 阿迪娜+ Adrenalin+       | 9.64±2.35cdefghij   | 31.90±4.64ab  | 44.86±3.15abc  | 54.50±5.55a  | 68.48±8.49ab  | 71.45±5.97ab  | 83.31±8.83abc  | 1.32±0.12abc                              |
| 燃力士 Energizer         | 15.16±2.35a         | 39.49±7.28a   | 51.69±7.26a    | 58.18±9.89a  | 70.43±9.69ab  | 76.71±10.29a  | 87.98±9.97ab   | 1.30±0.15abc                              |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 10.44±3.04bcdefghij | 30.94±10.31ab | 42.65±12.46abc | 51.79±14.18a | 63.47±13.58ab | 74.91±16.68ab | 80.57±15.32abc | 1.25±0.22abc                              |
| 威龙 Weilon             | 9.63±1.44cdefghij   | 31.45±4.31ab  | 41.24±3.47abc  | 49.71±3.93a  | 61.64±4.61ab  | 65.46±2.37ab  | 74.89±4.32bc   | 1.17±0.07abc                              |
| 北极熊 Gibraltar         | 9.10±1.12efghij     | 29.14±2.08ab  | 39.70±5.42abc  | 46.27±9.59a  | 58.22±10.64ab | 65.54±5.99ab  | 77.80±3.86abc  | 1.23±0.08abc                              |
| 天马 Pegasis            | 14.11±2.23ab        | 35.73±8.23ab  | 43.92±9.60abc  | 50.39±12.17a | 60.90±15.10ab | 66.34±12.37ab | 77.75±11.52abc | 1.14±0.17bc                               |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 13.78±1.98abc       | 37.09±3.81ab  | 46.43±6.63abc  | 53.94±11.87a | 65.59±11.78ab | 75.18±7.33ab  | 83.11±6.26abc  | 1.24±0.09abc                              |
| 游客+ Eureka+           | 12.63±1.13abcdef    | 34.46±3.28ab  | 42.97±5.94abc  | 51.38±10.61a | 62.06±8.65ab  | 66.61±6.24ab  | 79.96±6.86abc  | 1.20±0.10abc                              |
| Bara520YQ             | 10.62±1.67bcdefghij | 34.97±5.47ab  | 43.91±4.35abc  | 53.94±5.53a  | 63.73±7.84ab  | 71.10±5.50ab  | 80.91±5.38abc  | 1.26±0.07abc                              |
| Bara416WET            | 8.58±0.86fghij      | 32.63±2.94ab  | 44.44±5.21abc  | 53.07±8.60a  | 64.70±6.53ab  | 74.58±3.63ab  | 83.15±3.41abc  | 1.33±0.07abc                              |
| 苜蓿皇后 Queen            | 11.18±0.29abcdefghi | 33.04±2.70ab  | 43.18±2.78abc  | 49.54±8.90a  | 62.71±9.91ab  | 72.98±2.16ab  | 81.44±4.51abc  | 1.25±0.08abc                              |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 10.06±1.27bcdefghij | 30.99±6.11ab  | 40.01±5.21abc  | 48.71±9.50a  | 62.84±3.59ab  | 63.95±5.01ab  | 81.45±4.71abc  | 1.27±0.07abc                              |
| P 品种 Cultivar (C)     | 0*                  |               |                |              |               |               |                |                                           |
| 日期 Date (D)           | 0*                  |               |                |              |               |               |                |                                           |
| 品种×日期 C×D             | 1                   |               |                |              |               |               |                |                                           |

同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.01$ ) Different letters within the same column mean the significant differences at  $P<0.01$ . \*:  $P<0.05$ ; 下同 The same below.

表4 42个参试紫花苜蓿品种不同茬次鲜草产量比较

Table 4 Comparison of fresh grass yield of 42 alfalfa cultivars in the test across different cuts ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )

| 品种<br>Cultivar       | 茬次 Cut           |                  |                      |              |               | 全年<br>Annual |
|----------------------|------------------|------------------|----------------------|--------------|---------------|--------------|
|                      | 1                | 2                | 3                    | 4            | 5             |              |
| Maverick             | 3.41±1.56fgh     | 1.46±0.63fgh     | 1.28±0.15hijklm      | 0.14±0.07bc  | 0.08±0.10cd   | 6.36±2.28abc |
| Vernal               | 4.04±1.22defgh   | 1.37±0.54gh      | 0.81±0.52jklm        | 0.25±0.27bc  |               | 6.49±2.63abc |
| Boja                 | 2.03±0.98i       | 1.13±0.24h       | 0.71±0.21lm          | 0.16±0.05bc  | 0.08±0.07cd   | 4.12±1.43c   |
| Ranger               | 2.27±1.01hi      | 1.18±0.58h       | 0.68±0.11m           | 0.08±0.06c   | 0.08±0.03d    | 4.26±1.73bc  |
| Archer               | 4.56±0.97bcdefgh | 2.20±0.65defgh   | 1.38±0.67ghijklm     | 0.37±0.42bc  | 0.47±0.44cd   | 8.82±2.68a   |
| Abi 700              | 4.31±2.32cdefgh  | 2.41±0.44cdefgh  | 1.11±0.31ijklm       | 0.16±0.10bc  | 0.10±0.07cd   | 8.06±3.15ab  |
| Sutter               | 3.88±0.64efgh    | 2.36±0.44cdefgh  | 1.54±0.36fghijklm    | 0.46±0.21bc  | 0.29±0.15cd   | 8.52±1.29a   |
| CUF 101              | 3.11±0.83gh      | 1.98±1.41efgh    | 0.65±0.15m           | 0.23±0.15bc  | 0.18±0.12cd   | 6.15±2.60abc |
| 巨能995 Magnum No. 995 | 3.54±1.04abcde   | 2.01±0.44abcd    | 1.26±0.33abcdefg     | 0.33±0.06bc  | 0.21±0.06cd   | 7.35±1.36abc |
| 皇冠 Crown             | 3.37±0.38abcde   | 1.84±0.32abcde   | 1.15±0.06abcdefghi   | 0.26±0.06bc  | 0.23±0.05bcd  | 6.85±0.74abc |
| 巨能801 Magnum No. 801 | 2.86±0.79abcdefg | 1.76±0.49abcde   | 1.11±0.07abcdefghi   | 0.37±0.13abc | 0.33±0.11abcd | 6.43±1.13abc |
| 巨能601 Magnum No. 601 | 3.26±0.16abcdef  | 1.63±0.12abcdef  | 1.13±0.08abcdefghi   | 0.24±0.04bc  | 0.13±0.08cd   | 6.40±0.01abc |
| MF4020               | 3.71±0.43abcd    | 2.09±0.42abc     | 1.70±0.13a           | 0.39±0.24abc | 0.20±0.10cd   | 8.10±0.86a   |
| 沃苜1号 Womu No. 1      | 3.02±0.70abcdefg | 1.51±0.63abcdefg | 1.19±0.31abcdefgh    | 0.25±0.02bc  | 0.17±0.11cd   | 6.15±1.66abc |
| 斯贝德 Spade            | 3.26±1.59abcdef  | 1.35±0.61bcdefgh | 0.87±0.47efghijklm   | 0.07±0.07bc  | 0.07±0.04cd   | 5.59±2.75abc |
| 草原3号 Caoyuan No. 3   | 2.78±1.01abcdefg | 0.99±0.20efgh    | 0.37±0.12klm         | 0.04±0.04c   | 0.04±0.05cd   | 4.22±1.01c   |
| 中苜1号 Zhongmu No. 1   | 3.47±0.15abcde   | 1.70±0.43abcde   | 1.02±0.20bcdefghi    | 0.25±0.10bc  | 0.21±0.02cd   | 6.65±0.64abc |
| 甘农3号 Gannong No. 3   | 3.89±0.37ab      | 1.62±0.08abcdef  | 0.96±0.25cdefghijkl  | 0.16±0.17bc  | 0.10±0.07cd   | 6.73±0.86abc |
| 龙牧806 Longmu 806     | 3.54±0.46abcde   | 1.40±0.36bcdefgh | 0.92±0.24defghijklm  | 0.21±0.19bc  | 0.14±0.16cd   | 6.21±0.88abc |
| 甘农9号 Gannong No. 9   | 3.79±0.13abc     | 1.74±0.32abcde   | 0.98±0.24cdefghijkl  | 0.10±0.13bc  | 0.07±0.08cd   | 6.68±0.66abc |
| 公农5号 Gongnong No. 5  | 3.89±0.71ab      | 1.52±0.33abcdefg | 1.02±0.34bcdefghi    | 0.21±0.19bc  | 0.19±0.22cd   | 6.82±1.58abc |
| WL712                | 3.53±0.10abcde   | 1.93±0.07abcd    | 1.31±0.20abcdef      | 0.41±0.15abc | 0.28±0.14abcd | 7.46±0.38abc |
| WL656HQ              | 3.27±0.53abcdef  | 1.83±0.27abcde   | 1.12±0.23abcdefghi   | 0.32±0.13bc  | 0.30±0.12cd   | 6.84±1.18abc |
| WL525HQ              | 3.58±0.15abcde   | 2.39±0.18a       | 1.62±0.47ab          | 0.70±0.32bc  | 0.53±0.26a    | 8.82±1.21a   |
| WL358HQ              | 3.07±0.42abcdefg | 1.27±0.20cdefgh  | 1.32±0.10abcdef      | 0.29±0.14bc  | 0.23±0.09bcd  | 6.18±0.54abc |
| 惊喜 Surprise          | 3.22±0.73abcdef  | 1.54±0.10abcdefg | 0.95±0.20cdefghijklm | 0.16±0.07bc  | 0.11±0.06cd   | 5.98±0.94abc |
| WL298HQ              | 3.74±0.45abc     | 2.26±0.35ab      | 1.55±0.24abc         | 0.38±0.10abc | 0.22±0.13cd   | 8.16±0.50a   |
| 艾薇雅 Aivia            | 3.48±0.77abcde   | 1.89±0.45abcde   | 1.13±0.32abcdefghi   | 0.27±0.21bc  | 0.30±0.02abcd | 6.97±1.79abc |
| 南苜701 Nanmu 701      | 3.03±0.32abcdefg | 1.84±0.49abcde   | 1.05±0.44bcdefghi    | 0.19±0.25bc  | 0.16±0.20cd   | 6.26±1.65abc |
| 大银河 Galaxie Max      | 3.95±0.79ab      | 2.05±0.28abc     | 1.28±0.12abcdefg     | 0.28±0.10bc  | 0.20±0.09cd   | 7.75±0.95abc |
| 阿迪娜+Adrenalin+       | 3.61±0.12abcde   | 1.83±0.11abcde   | 1.47±0.15abcde       | 0.39±0.18abc | 0.26±0.10abcd | 7.56±0.32abc |
| 燃力士 Energizer        | 3.58±0.45abcde   | 2.27±0.25ab      | 1.46±0.07abcdef      | 0.29±0.14bc  | 0.16±0.05cd   | 7.76±0.60abc |
| 赛沃5 Saivo 5          | 3.18±0.52abcdefg | 1.83±0.15abcde   | 1.63±0.24ab          | 0.44±0.23ab  | 0.35±0.21abc  | 7.42±0.80abc |
| 威龙 Weilon            | 3.16±0.59abcdefg | 1.35±0.54bcdefgh | 1.18±0.19abcdefgh    | 0.25±0.13bc  | 0.14±0.07cd   | 6.07±1.26abc |
| 北极熊 Gibraltar        | 2.96±0.29abcdefg | 1.43±0.19bcdefgh | 1.38±0.15abcdef      | 0.21±0.12bc  | 0.16±0.09cd   | 6.14±0.47abc |
| 天马 Pegasus           | 3.28±0.91abcdef  | 1.97±0.42abcd    | 1.39±0.27abcdef      | 0.35±0.13abc | 0.33±0.10abcd | 7.31±1.75abc |
| 赛迪10 Sardi 10        | 3.34±0.80abcdef  | 1.74±0.38abcde   | 1.19±0.15abcdefgh    | 0.35±0.11abc | 0.29±0.08abcd | 6.91±1.38abc |
| 游客+Eureka+           | 3.16±0.39abcdefg | 1.68±0.36abcde   | 1.03±0.13bcdefghi    | 0.26±0.14bc  | 0.25±0.09abcd | 6.38±0.66abc |
| Bara520YQ            | 3.73±0.17abc     | 1.97±0.41abcd    | 1.28±0.24abcdefg     | 0.35±0.19abc | 0.22±0.16cd   | 7.54±1.03abc |
| Bara416WET           | 4.31±1.12a       | 1.66±0.48abcde   | 1.50±0.11abcd        | 0.35±0.16abc | 0.32±0.13abcd | 8.14±1.08a   |
| 苜蓿皇后 Queen           | 3.46±0.63abcde   | 1.86±0.26abcde   | 1.30±0.11abcdef      | 0.28±0.07bc  | 0.20±0.09cd   | 7.10±0.87abc |
| 淮扬4号 Huaiyang No. 4  | 3.56±0.54abcde   | 1.50±0.19abcdefg | 1.13±0.10abcde       | 0.42±0.10abc | 0.52±0.18ab   | 7.14±0.51abc |
| P 品种 Cultivar        |                  |                  | 0*                   |              |               |              |
| 茬次 Cut               |                  |                  | 0*                   |              |               |              |
| 品种×茬次 Cultivar×cut   |                  |                  | 0*                   |              |               |              |

表 5 42 个参试紫花苜蓿品种各茬次再生株高比较

Table 5 Comparison of plant height after cutting for each cut of 42 alfalfa cultivars in the test (cm)

| 品种<br>Cultivar        | 茬次 Cutting      |                |                |                 |
|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
|                       | 1               | 2              | 3              | 4               |
| Maverick              | 55.94±12.23cd   | 54.50±5.98de   | 30.00±5.63abc  | 21.50±8.65abcd  |
| Vernal                | 59.84±10.25bcd  | 60.89±3.73bcd  | 25.13±14.53c   | 24.22±11.48abcd |
| Boja                  | 70.54±10.07abcd | 66.70±1.79abcd | 33.94±7.75abc  | 19.83±4.97cd    |
| Ranger                | 71.83±11.65abcd | 58.70±2.97abcd | 30.27±11.05abc | 20.71±7.97bcd   |
| Archer                | 71.73±7.49abcd  | 64.07±2.08abcd | 36.42±12.59abc | 30.55±10.63abc  |
| Abi 700               | 75.40±5.40abcd  | 62.62±4.06bcd  | 34.81±4.02abc  | 21.53±0.75abcd  |
| Sutter                | 71.29±7.09abcd  | 75.05±18.57a   | 37.59±4.22abc  | 25.41±4.33abcd  |
| CUF 101               | 74.54±8.12abcd  | 59.54±6.61bcde | 46.57±3.35ab   | 30.23±5.33abcd  |
| 巨能 995 Magnum No. 995 | 69.59±9.56abcd  | 63.72±3.32abcd | 37.62±3.47abc  | 25.33±2.47abcd  |
| 皇冠 Crown              | 71.50±8.36abcd  | 59.47±2.67bcde | 40.61±3.91abc  | 31.31±4.48abc   |
| 巨能 801 Magnum No. 801 | 78.45±13.32abc  | 68.22±0.95abc  | 42.75±8.68abc  | 30.79±7.78abc   |
| 巨能 601 Magnum No. 601 | 71.23±6.80abcd  | 66.50±2.25abcd | 40.36±8.02abc  | 24.00±5.77abcd  |
| MF4020                | 70.94±9.52abcd  | 62.88±1.70abcd | 40.68±6.64abc  | 25.64±5.91abcd  |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1     | 68.66±8.29abcd  | 62.78±2.16abcd | 36.81±2.96abc  | 25.98±3.87abcd  |
| 斯贝德 Spade             | 66.32±8.20abcd  | 57.32±4.47bcde | 26.66±6.00bc   | 24.68±0.43abcd  |
| 草原 3 号 Caoyuan No. 3  | 53.32±7.98d     | 48.05±3.59e    | 28.24±11.74abc | 16.71±3.18d     |
| 中苜 1 号 Zhongmu No. 1  | 60.36±12.76bcd  | 55.66±5.21ede  | 34.35±9.54abc  | 25.30±5.83abcd  |
| 甘农 3 号 Gannong No. 3  | 69.64±10.41abcd | 58.77±1.58bcde | 33.57±10.87abc | 24.46±5.12abcd  |
| 龙牧 806 Longmu 806     | 63.92±4.56abcd  | 62.98±2.09abcd | 38.13±6.15abc  | 23.95±5.86abcd  |
| 甘农 9 号 Gannong No. 9  | 65.20±4.69abcd  | 54.79±5.21de   | 28.24±10.30abc | 21.75±8.34abcd  |
| 公农 5 号 Gongnong No. 5 | 65.02±11.07abcd | 61.54±0.95bcd  | 30.96±5.33abc  | 20.77±10.60bcd  |
| WL712                 | 73.80±4.18abcd  | 65.47±1.34abcd | 45.60±2.26ab   | 30.22±6.18abcd  |
| WL656HQ               | 79.00±10.59abc  | 65.98±3.90abcd | 42.96±3.65abc  | 34.81±3.71a     |
| WL525HQ               | 82.47±3.03ab    | 67.91±3.56abc  | 47.12±9.89a    | 32.73±6.11abc   |
| WL358HQ               | 61.14±10.56bcd  | 65.19±6.41abcd | 44.02±4.57abc  | 28.38±7.49abcd  |
| 惊喜 Surprise           | 64.63±8.23abcd  | 61.40±3.94bcd  | 35.04±0.68abc  | 22.09±5.18abcd  |
| WL298HQ               | 72.87±7.27abcd  | 64.96±3.12abcd | 41.94±4.17abc  | 24.66±5.03abcd  |
| 艾薇雅 Aivia             | 73.11±11.38abcd | 65.57±3.22abcd | 42.04±11.11abc | 29.96±5.52abcd  |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 73.86±5.61abcd  | 62.30±3.93bcd  | 41.77±15.03abc | 26.77±12.26abcd |
| 大银河 Galaxie Max       | 78.30±4.85abc   | 66.58±3.56abcd | 41.70±12.20abc | 30.07±6.79abcd  |
| 阿迪娜+Adrenalin+        | 68.50±4.99abcd  | 63.16±1.30abcd | 41.87±4.74abc  | 27.02±7.77abcd  |
| 燃力士 Energizer         | 86.52±5.78a     | 75.19±4.06a    | 45.96±4.42ab   | 29.84±4.54abcd  |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 70.93±4.66abcd  | 68.09±3.79abc  | 37.91±8.15abc  | 28.37±5.50abcd  |
| 威龙 Weilon             | 62.87±3.76bcd   | 62.84±3.85abcd | 35.29±4.98abc  | 23.26±7.76abcd  |
| 北极熊 Gibraltar         | 59.35±7.28bcd   | 59.81±1.74bcd  | 38.24±5.76abc  | 27.52±3.32abcd  |
| 天马 Pegasis            | 77.77±7.14abc   | 64.67±1.97abcd | 44.66±2.99abc  | 33.94±6.38ab    |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 73.77±10.27abcd | 68.54±4.15ab   | 45.22±0.65abc  | 33.05±5.42abc   |
| 游客+Eureka+            | 61.24±12.69bcd  | 63.34±7.80abcd | 45.68±4.40ab   | 27.91±10.30abcd |
| Bara520YQ             | 70.42±10.23abcd | 66.16±4.10abcd | 39.92±10.16abc | 30.45±6.83abcd  |
| Bara416WET            | 70.34±9.81abcd  | 63.07±2.43abcd | 42.69±4.43abc  | 30.24±5.30abcd  |
| 苜蓿皇后 Queen            | 71.31±12.33abcd | 67.09±6.54abcd | 39.77±4.57abc  | 23.98±6.23abcd  |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 60.97±3.96bcd   | 60.51±2.55bcd  | 40.25±2.56abc  | 25.72±3.95abcd  |

注：同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.01$ )，其中第 4 茬次  $P<0.05$ 。Note: Different letters mean the significant differences at  $P<0.01$ , the fourth cut at  $P<0.05$ .

cm)、WL525HQ(82.47 cm)、WL656HQ(79.00 cm)、巨能 801(78.45 cm)、大银河(78.30 cm);较低的是草原 3 号(53.32 cm)、Maverick(55.94 cm)和 Vernal(59.84 cm)。在第 2 茬中,燃力士(75.19 cm)、Sutter(75.05 cm)、赛迪 10(68.54 cm)、巨能 801(68.22 cm)、赛沃 5(68.09 cm)位列前五;草原 3 号(48.05 cm)、Maverick(54.50 cm)、甘农 9 号(54.79 cm)较低。第 3 茬最高的品种是 WL525HQ(47.12 cm),其次是 CUF 101(46.57 cm)、燃力士(45.96 cm)、游客+(45.68 cm),最低的是 Vernal(25.13 cm)。第 4 茬中,WL656HQ(34.81 cm)、天马(33.94 cm)、赛迪 10(33.05 cm)、WL525HQ(32.73 cm)表现较好;草原 3 号(16.71 cm)和 Boja(19.83 cm)较低。第 5 茬(秋季)中较高的品种为赛迪 10(24.78 cm)、WL656HQ(22.82 cm)、巨能 801(22.67 cm)、燃力士(22.11 cm);沃苜 1 号(6.61 cm)、斯贝德(7.80 cm)、龙牧 806(7.98 cm)较低(图 2)。

本研究发现,参试品种秋季刈割后自然高度与秋眠级呈极显著正相关( $r=0.68, P<0.001$ ),如秋眠级 $\geq 8$ 的品种(赛迪 10、WL656HQ、WL712 等)秋季刈割后再生速度快,株高为 19.96~24.78 cm,而秋眠级 $\leq 3$ 的品种(沃苜 1 号、龙牧 806、威龙等)株高普遍低于 10 cm(图 2)。该结果与春季返青后生长趋势一致,进一步证实高秋眠级品种在温度和光照适宜条件下具有持续生长优势。

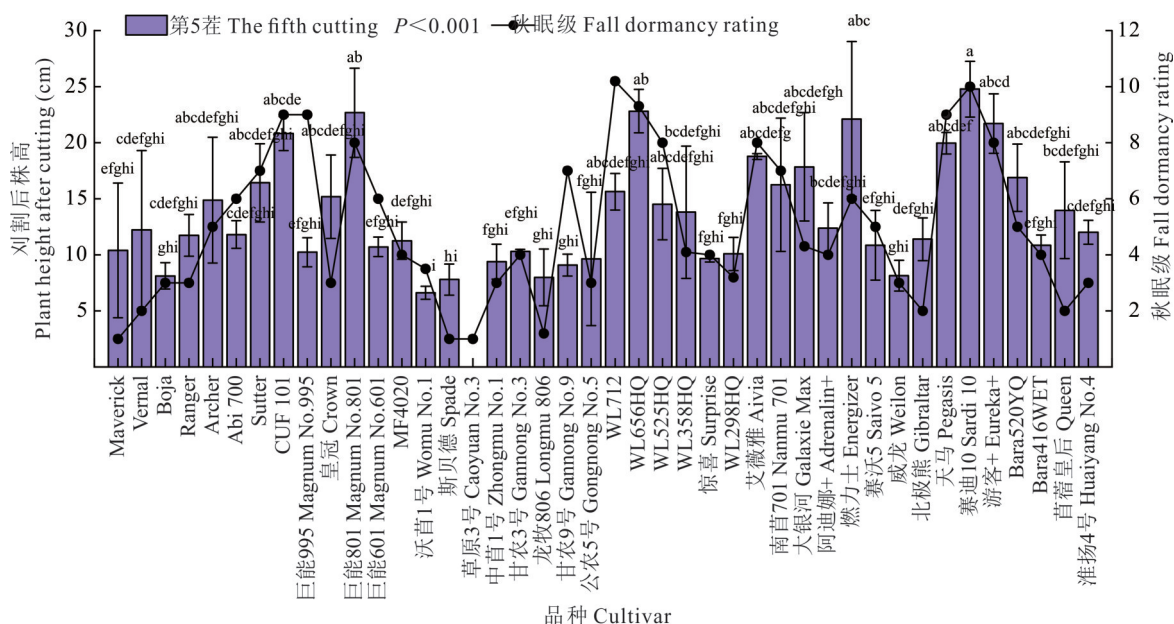


图 2 42 个参试紫花苜蓿品种秋季刈割后再生自然株高与秋眠级

Fig. 2 Natural plant height after autumn cutting and fall dormancy rating of 42 alfalfa cultivars in the test

## 2.5 42 个参试紫花苜蓿品种鲜干比

不同刈割茬次苜蓿含水量变化结果显示,季节对其影响显著( $P<0.01$ ),而品种效应及品种与季节的交互作用影响不显著( $P>0.05$ ,表 6)。2024 年春季(5 月)试验地降水量为 45 mm,月均温 27.6℃,此时苜蓿相对含水量平均值为 73%。夏季第 1 次刈割期间降水量达 226.8 mm,平均含水量为 74%。而夏季 II 刈割出现极端气候条件,月降水量高达 284.4 mm,月均最高气温达 35.9℃,该时期平均含水量显著下降至 67%,赛迪 10 在该时期显著偏低,仅为 45%。秋季(10 月)降水量为 165.3 mm,气温回落,平均含水量回升至 73%,如南苜 701 和赛迪 10 含水量在 80% 以上。不同季节苜蓿鲜干比变化结果显示(表 6),同一季节不同品种间鲜干比差异显著( $P<0.05$ );而同一品种不同季节对鲜干比不显著( $P=0.327$ ),且品种与季节交互对鲜干比也无显著差异( $P=0.551$ )。鲜干比依次为夏季 I>春季>秋季>夏季 II

## 2.6 42 个参试紫花苜蓿品种粗蛋白含量

叶茎比与粗蛋白含量是评价紫花苜蓿品质的关键指标。通过对 42 份参试品种叶茎比与粗蛋白含量的测定结果(表 7)显示,品种与季节交互作用对叶片和茎秆粗蛋白含量的影响均不显著( $P>0.05$ ),但对叶茎比存在极显著影响( $P<0.01$ )。叶粗蛋白含量普遍高于茎。叶粗蛋白含量在不同季节间较为稳定,春季、夏季 I、夏季 II 和

表 6 42 个参试紫花苜蓿品种的含水量和鲜干比比较

Table 6 Comparison of water content and fresh-to-dry ratio of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种<br>Cultivar        | 含水量 Water content |               |                 |                | 鲜干比 Fresh-to-dry ratio |                |                 |               |
|-----------------------|-------------------|---------------|-----------------|----------------|------------------------|----------------|-----------------|---------------|
|                       | 春季 Spring         | 夏季 I Summer I | 夏季 II Summer II | 秋季 Autumn      | 春季 Spring              | 夏季 I Summer I  | 夏季 II Summer II | 秋季 Autumn     |
| Maverick              | 0.72±0.04abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.63±0.06a      | 0.70±0.02cde   | 3.66±0.60bc            | 3.81±0.20abcde | 2.74±0.42bc     | 3.40±0.27bcd  |
| Vernal                | 0.72±0.03abcd     | 0.74±0.03abcd | 0.62±0.13a      | —              | 3.61±0.33bc            | 3.94±0.44abcde | 2.82±0.94bc     | —             |
| Boja                  | 0.70±0.03cd       | 0.74±0.01abcd | 0.70±0.12a      | 0.71±0.04cde   | 3.35±0.38bc            | 3.80±0.17abcde | 2.65±0.21bc     | 3.48±0.49bcd  |
| Ranger                | 0.72±0.03abcd     | 0.71±0.02d    | 0.69±0.10a      | 0.73±0.01bcde  | 3.57±0.39bc            | 3.52±0.27e     | 3.51±1.31ab     | 3.74±0.13abcd |
| Archer                | 0.72±0.02abcd     | 0.73±0.05abcd | 0.68±0.03a      | 0.73±0.00bcde  | 3.59±0.23bc            | 3.84±0.76abcde | 3.11±0.28abc    | 2.77±1.53d    |
| Abi 700               | 0.72±0.01bcd      | 0.72±0.01cd   | 0.69±0.02a      | 0.72±0.00cde   | 3.52±0.18bc            | 3.62±0.12cde   | 3.19±0.22abc    | 3.56±0.02bcd  |
| Sutter                | 0.77±0.05a        | 0.72±0.03cd   | 0.68±0.03a      | 0.72±0.01cde   | 4.56±1.13a             | 3.55±0.41de    | 3.18±0.28abc    | 3.61±0.17bcd  |
| CUF 101               | 0.72±0.05abcd     | 0.71±0.04d    | 0.67±0.05a      | 0.73±0.01bcde  | 3.71±0.69bc            | 3.52±0.50e     | 3.04±0.43abc    | 3.74±0.10abcd |
| 巨能 995 Magnum No. 995 | 0.73±0.02abcd     | 0.74±0.00abcd | 0.67±0.04a      | 0.77±0.07abc   | 3.77±0.24abc           | 3.85±0.06abcde | 3.04±0.37abc    | 4.75±1.88ab   |
| 皇冠 Crown              | 0.71±0.01bcd      | 0.74±0.01abcd | 0.66±0.05a      | 0.73±0.01bcde  | 3.45±0.17bc            | 3.79±0.11abcde | 2.97±0.37abc    | 3.72±0.12abcd |
| 巨能 801 Magnum No. 801 | 0.72±0.04abcd     | 0.76±0.01a    | 0.68±0.04a      | 0.77±0.09abcde | 3.63±0.47bc            | 4.21±0.18ab    | 3.11±0.42abc    | 5.00±2.60a    |
| 巨能 601 Magnum No. 601 | 0.75±0.02abcd     | 0.73±0.01abcd | 0.65±0.06a      | 0.73±0.00bcde  | 3.95±0.35abc           | 3.73±0.13abcde | 2.90±0.50bc     | 3.71±0.06abcd |
| MF4020                | 0.73±0.02abcd     | 0.76±0.02ab   | 0.70±0.04a      | 0.72±0.02cde   | 3.77±0.30abc           | 4.14±0.29abc   | 3.40±0.46ab     | 3.64±0.28bcd  |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1     | 0.75±0.01abcd     | 0.75±0.01abc  | 0.67±0.05a      | 0.73±0.00bcde  | 3.93±0.19abc           | 4.01±0.18abcde | 3.10±0.51abc    | 3.73±0.06abcd |
| 斯贝德 Spade             | 0.72±0.03abcd     | 0.75±0.01abcd | 0.67±0.06a      | 0.73±0.01bcde  | 3.58±0.38bc            | 4.03±0.21abcde | 3.07±0.50abc    | 3.66±0.12abcd |
| 草原 3 号 Caoyuan No. 3  | 0.71±0.02bcd      | 0.74±0.01abcd | 0.74±0.06a      | 0.69±0.01de    | 3.41±0.21bc            | 3.79±0.10abcde | 3.93±0.93a      | 3.25±0.14cd   |
| 中苜 1 号 Zhongmu No. 1  | 0.75±0.01abcd     | 0.73±0.02abcd | 0.68±0.03a      | 0.75±0.01bcde  | 3.95±0.18abc           | 3.67±0.23bcde  | 3.11±0.27abc    | 3.97±0.23abcd |
| 甘农 3 号 Gannong No. 3  | 0.73±0.03abcd     | 0.74±0.02abcd | 0.63±0.11a      | 0.71±0.00cde   | 3.80±0.42abc           | 3.92±0.39abcde | 2.82±0.77bc     | 3.50±0.04bcd  |
| 龙牧 806 Longmu 806     | 0.73±0.03abcd     | 0.72±0.02bcd  | 0.66±0.04a      | 0.74±0.00bcde  | 3.70±0.47bc            | 3.63±0.22cde   | 2.94±0.32abc    | 3.84±0.06abcd |
| 甘农 9 号 Gannong No. 9  | 0.73±0.02abcd     | 0.73±0.01abcd | 0.68±0.04a      | 0.70±0.01cde   | 3.70±0.21bc            | 3.73±0.17abcde | 3.13±0.40abc    | 3.37±0.11cd   |
| 公农 5 号 Gongnong No. 5 | 0.70±0.02bcd      | 0.75±0.02abcd | 0.71±0.03a      | 0.71±0.01cde   | 3.39±0.27bc            | 3.98±0.38abcde | 3.45±0.36ab     | 3.47±0.11bcd  |
| WL712                 | 0.74±0.02abcd     | 0.73±0.01abcd | 0.70±0.04a      | 0.73±0.02bcde  | 3.91±0.28abc           | 3.66±0.15bcde  | 3.32±0.39abc    | 3.77±0.26abcd |
| WL656HQ               | 0.73±0.02abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.68±0.02a      | 0.74±0.01bcde  | 3.76±0.34abc           | 3.83±0.18abcde | 3.13±0.18abc    | 3.85±0.17abcd |
| WL525HQ               | 0.72±0.03abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.69±0.03a      | 0.74±0.00bcde  | 3.62±0.35bc            | 3.87±0.18abcde | 3.27±0.32abc    | 3.80±0.02abcd |
| WL358HQ               | 0.72±0.01abcd     | 0.75±0.01abc  | 0.69±0.03a      | 0.72±0.00cde   | 3.64±0.20bc            | 4.03±0.19abcde | 3.22±0.30abc    | 3.61±0.04bcd  |
| 惊喜 Surprise           | 0.72±0.01abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.67±0.01a      | 0.73±0.01bcde  | 3.53±0.16bc            | 3.82±0.09abcde | 3.01±0.11abc    | 3.75±0.13abcd |
| WL298HQ               | 0.76±0.02ab       | 0.75±0.01abc  | 0.67±0.02a      | 0.74±0.01bcde  | 4.13±0.30ab            | 4.07±0.10abcde | 3.07±0.19abc    | 3.78±0.09abcd |
| 艾薇雅 Aivia             | 0.72±0.01abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.67±0.02a      | 0.74±0.01bcde  | 3.57±0.07bc            | 3.81±0.10abcde | 3.01±0.22abc    | 3.78±0.13abcd |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 0.73±0.03abcd     | 0.75±0.01abcd | 0.65±0.03a      | 0.80±0.09ab    | 3.76±0.38abc           | 3.93±0.16abcde | 2.88±0.29bc     | 3.80±0.39abcd |
| 大银河 Galaxie Max       | 0.73±0.01abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.65±0.02a      | 0.72±0.01cde   | 3.67±0.17bc            | 3.81±0.07abcde | 2.89±0.18bc     | 3.52±0.16bcd  |
| 阿迪娜+Adrenalin+        | 0.75±0.03abcd     | 0.74±0.04abcd | 0.69±0.04a      | 0.73±0.01bcde  | 3.96±0.47abc           | 3.89±0.5abcde  | 3.25±0.42abc    | 3.72±0.19abcd |
| 燃力士 Energizer         | 0.74±0.01abcd     | 0.75±0.02abc  | 0.66±0.04a      | 0.71±0.02cde   | 3.87±0.12abc           | 4.02±0.27abcde | 2.93±0.30bc     | 3.51±0.28bcd  |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 0.69±0.05d        | 0.74±0.02abcd | 0.66±0.05a      | 0.69±0.04e     | 3.26±0.49c             | 3.90±0.24abcde | 2.99±0.38abc    | 3.27±0.44cd   |
| 威龙 Weilon             | 0.72±0.04abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.68±0.01a      | 0.77±0.14abcd  | 3.64±0.51bc            | 3.80±0.14abcde | 3.15±0.15abc    | 3.34±0.40cd   |
| 北极熊 Gibraltar         | 0.74±0.00abcd     | 0.75±0.03abc  | 0.71±0.03a      | 0.71±0.01cde   | 3.82±0.07abc           | 4.10±0.43abcd  | 3.44±0.36ab     | 3.45±0.08bcd  |
| 天马 Pegasis            | 0.73±0.02abcd     | 0.75±0.02abc  | 0.71±0.04a      | 0.74±0.01bcde  | 3.70±0.32bc            | 4.05±0.25abcde | 3.48±0.43ab     | 3.79±0.11abcd |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 0.75±0.05abc      | 0.73±0.01abcd | 0.45±0.38b      | 0.82±0.09a     | 4.13±0.83ab            | 3.73±0.10abcde | 2.36±1.18c      | 4.20±1.10abc  |
| 游客+Eureka+            | 0.70±0.01cd       | 0.73±0.04abcd | 0.67±0.06a      | 0.73±0.01bcde  | 3.32±0.16bc            | 3.70±0.52abcde | 3.07±0.56abc    | 3.66±0.14abcd |
| Bara520YQ             | 0.74±0.03abcd     | 0.74±0.01abcd | 0.67±0.05a      | 0.72±0.03cde   | 3.90±0.38abc           | 3.88±0.11abcde | 3.05±0.41abc    | 3.54±0.38bcd  |
| Bara416WET            | 0.74±0.03abcd     | 0.75±0.01abcd | 0.69±0.01a      | 0.76±0.06abcde | 3.84±0.45abc           | 3.96±0.17abcde | 3.20±0.14abc    | 4.27±1.10abc  |
| 苜蓿皇后 Queen            | 0.75±0.04abcd     | 0.76±0.01a    | 0.70±0.02a      | 0.72±0.02cde   | 4.05±0.63abc           | 4.24±0.15a     | 3.31±0.25abc    | 3.57±0.19bcd  |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 0.73±0.02abcd     | 0.71±0.02d    | 0.67±0.03a      | 0.73±0.02bcde  | 3.73±0.31abc           | 3.50±0.21e     | 3.06±0.31abc    | 3.78±0.24abcd |
| P 品种 Cultivar (C)     |                   |               | 0.951           |                |                        |                | 0.327           |               |
| 季节 Season (S)         |                   |               | 0.000*          |                |                        |                | 0.000*          |               |
| 品种×季节 C×S             |                   |               | 0.197           |                |                        |                | 0.551           |               |

注：同列不同小写字母表示差异显著( $P<0.01$ ),其中鲜干比 $P<0.05$ 。

Note: Different letters mean the significant differences at  $P<0.01$ , fresh-to-dry ratio at  $P<0.05$ .

表 7 42 个参试紫花苜蓿品种叶茎比和粗蛋白含量比较

Table 7 Comparison of leaf-stem ratio and crude protein content of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种<br>Cultivar           | 叶粗蛋白 Leaf crude protein (%) |                  |                      |                  | 茎粗蛋白 Stem crude protein (%) |                     |                 | 叶茎比 Leaf-stem ratio |                    |                      |                   |
|--------------------------|-----------------------------|------------------|----------------------|------------------|-----------------------------|---------------------|-----------------|---------------------|--------------------|----------------------|-------------------|
|                          | 春季                          | 夏季 I             | 夏季 II                | 秋季               | 春季                          | 夏季 II               | 秋季              | 春季                  | 夏季 I               | 夏季 II                | 秋季                |
|                          | Spring                      | Summer I         | Summer II            | Autumn           | Spring                      | Summer II           | Autumn          | Spring              | Summer I           | Summer II            | Autumn            |
| Maverick                 | 23.09±<br>3.26ab            | 22.77±<br>1.40b  | 23.49±<br>0.88bcdef  | 20.84±<br>3.46ab | 10.41±<br>1.71ab            | 11.40±<br>1.15abcde | 14.12±<br>1.23b | 0.89±<br>0.09c      | 1.08±<br>0.06abcde | 1.72±<br>0.47ab      | 2.73±<br>0.27bcde |
| Vernal                   | 22.63±<br>1.38ab            | 21.59±<br>1.31b  | 22.42±<br>0.81bcdef  |                  | 9.18±<br>0.32b              | 11.39±<br>0.82abcde |                 | 0.93±<br>0.09bc     | 0.85±<br>0.08de    | 1.47±<br>0.57abcde   |                   |
| Boja                     | 21.37±<br>0.55b             | 21.26±<br>4.58b  | 22.42±<br>0.39bcdef  | 20.59±<br>0.51ab | 9.24±<br>0.89b              | 10.16±<br>1.04de    | 12.59±<br>0.65b | 1.17±<br>0.11abc    | 0.92±<br>0.06bcde  | 1.16±<br>0.17defg    | 2.79±<br>1.22bcde |
| Ranger                   | 22.46±<br>1.16ab            | 22.63±<br>1.44b  | 22.38±<br>0.54bcdef  | 22.78±<br>1.72ab | 9.66±<br>0.90ab             | 10.76±<br>0.12abcde | 11.95±<br>0.58b | 1.19±<br>0.20abc    | 0.95±<br>0.08bcde  | 0.98±<br>0.20g       | 2.19±<br>0.43cde  |
| Archer                   | 23.55±<br>0.45ab            | 21.86±<br>4.46b  | 22.67±<br>0.63bcdef  | 23.28±<br>0.69a  | 9.42±<br>0.30b              | 10.54±<br>0.91abcde | 12.24±<br>0.72b | 1.13±<br>0.28abc    | 1.14±<br>0.15abcd  | 1.29±<br>0.18bcdefg  | 2.67±<br>0.71bcde |
| Abi 700                  | 24.48±<br>2.73a             | 23.69±<br>1.75ab | 23.76±<br>2.53abcdef | 21.76±<br>0.44ab | 9.69±<br>0.90b              | 11.44±<br>0.39abcde | 12.54±<br>0.23b | 1.14±<br>0.08abc    | 0.88±<br>0.03bcde  | 1.51±<br>0.17abcde   | 2.57±<br>0.37bcde |
| Sutter                   | 22.13±<br>0.27ab            | 22.68±<br>1.31b  | 22.30±<br>1.14bcdef  | 20.96±<br>3.06ab | 9.79±<br>0.37ab             | 10.83±<br>1.18abcde | 12.10±<br>0.86b | 1.04±<br>0.60abc    | 0.95±<br>0.10bcde  | 1.24±<br>0.07cdefg   | 2.16±<br>0.24cde  |
| CUF 101                  | 22.18±<br>0.45ab            | 22.23±<br>1.89b  | 22.83±<br>0.22bcdef  | 22.01±<br>1.33ab | 9.31±<br>0.65b              | 10.07±<br>1.04e     | 11.54±<br>1.18b | 1.08±<br>0.13abc    | 0.94±<br>0.17bcde  | 1.11±<br>0.27defg    | 1.53±<br>0.31de   |
| 巨能 995 Magnum<br>No. 995 | 22.26±<br>0.52ab            | 24.07±<br>0.87ab | 24.64±<br>1.03abc    | 21.85±<br>1.26ab | 9.77±<br>0.17ab             | 11.99±<br>0.56a     | 13.23±<br>0.35b | 1.19±<br>0.25abc    | 0.95±<br>0.05bcde  | 1.36±<br>0.22abcdefg | 2.41±<br>0.42bcde |
| 皇冠 Crown                 | 24.21±<br>2.07ab            | 28.54±<br>10.39a | 21.99±<br>0.47def    | 22.29±<br>1.69ab | 11.41±<br>0.41a             | 10.82±<br>0.59abcde | 12.05±<br>1.41b | 1.35±<br>0.37abc    | 1.00±<br>0.09abcde | 1.37±<br>0.27abcdefg | 2.35±<br>0.12bcde |
| 巨能 801 Magnum<br>No. 801 | 23.17±<br>1.50ab            | 22.46±<br>1.52b  | 21.71±<br>1.32ef     | 22.30±<br>1.10ab | 9.62±<br>0.84ab             | 10.91±<br>1.10abcde | 11.51±<br>0.75b | 1.11±<br>0.10abc    | 0.88±<br>0.23bcde  | 0.97±<br>0.11g       | 1.97±<br>0.13cde  |
| 巨能 601 Magnum<br>No. 601 | 22.63±<br>1.67ab            | 23.92±<br>1.45ab | 23.20±<br>0.70bcdef  | 21.36±<br>3.69ab | 9.44±<br>1.04b              | 11.90±<br>0.55ab    | 12.82±<br>1.09b | 1.26±<br>0.03abc    | 1.01±<br>0.14abcde | 1.41±<br>0.30abcdefg | 3.38±<br>1.68abc  |
| MF4020                   | 23.27±<br>0.17ab            | 23.30±<br>1.22b  | 22.66±<br>0.76bcdef  | 22.62±<br>1.36ab | 9.69±<br>0.22ab             | 10.81±<br>0.49abcde | 13.23±<br>0.11b | 1.23±<br>0.16abc    | 0.98±<br>0.03bcde  | 1.32±<br>0.23abcdefg | 2.68±<br>0.98bcde |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1        | 22.66±<br>0.17ab            | 23.89±<br>1.50ab | 23.27±<br>0.76bcdef  | 20.82±<br>2.05ab | 10.53±<br>1.44ab            | 10.93±<br>0.44abcde | 12.70±<br>0.43b | 1.12±<br>0.22abc    | 0.98±<br>0.22bcde  | 1.54±<br>0.13abcd    | 2.54±<br>0.23bcde |
| 斯贝德 Spade                | 23.42±<br>0.95ab            | 23.28±<br>1.57b  | 24.09±<br>1.56abcde  | 22.35±<br>1.11ab | 10.00±<br>1.20ab            | 10.86±<br>0.34abcde | 12.31±<br>0.20b | 1.13±<br>0.33abc    | 1.27±<br>0.25a     | 1.54±<br>0.07abcd    | 1.39±<br>1.24e    |
| 草原 3 号 Caoyuan<br>No. 3  | 23.17±<br>1.13ab            | 22.90±<br>1.57b  | 23.44±<br>0.42bcdef  | 21.69±<br>0.22ab | 9.62±<br>2.15ab             | 11.81±<br>0.22abc   | 12.38±<br>1.68b | 1.50±<br>0.27ab     | 0.94±<br>0.03bcde  | 1.54±<br>0.23abcd    | 3.83±<br>1.51ab   |
| 中苜 1 号 Zhongmu<br>No. 1  | 21.41±<br>2.45b             | 22.93±<br>2.49b  | 23.02±<br>1.44bcdef  | 23.30±<br>1.12a  | 9.09±<br>0.68b              | 10.60±<br>0.60abcde | 12.28±<br>0.41b | 1.10±<br>0.21abc    | 1.16±<br>0.27ab    | 1.67±<br>0.18abc     | 2.76±<br>0.29bcde |
| 甘农 3 号 Gannong<br>No. 3  | 22.59±<br>2.59ab            | 23.20±<br>1.74b  | 22.40±<br>1.05bcdef  | 22.13±<br>0.76ab | 10.07±<br>2.43ab            | 11.29±<br>0.35abcde | 12.17±<br>0.53b | 0.89±<br>0.40c      | 0.87±<br>0.09cde   | 1.74±<br>0.58ab      | 2.87±<br>0.29bcde |
| 龙牧 806 Longmu 806        | 23.05±<br>1.82ab            | 23.91±<br>2.06ab | 24.02±<br>1.57abcde  | 22.00±<br>1.61ab | 9.44±<br>0.66b              | 10.92±<br>0.74abcde | 12.25±<br>0.52b | 1.15±<br>0.31abc    | 0.88±<br>0.12bcde  | 1.23±<br>0.04cdefg   | 2.62±<br>0.11bcde |
| 甘农 9 号 Gannong<br>No. 9  | 22.31±<br>0.95ab            | 22.31±<br>1.69b  | 24.20±<br>1.72abcde  | 22.87±<br>1.19ab | 8.91±<br>0.89b              | 10.60±<br>0.49abcde | 13.25±<br>0.34b | 1.16±<br>0.30abc    | 1.16±<br>0.05abc   | 1.19±<br>0.12defg    | 2.84±<br>0.14bcde |
| 公农 5 号 Gongnong<br>No. 5 | 22.30±<br>0.95ab            | 22.32±<br>2.02b  | 23.46±<br>1.86bcdef  | 23.14±<br>0.73a  | 9.16±<br>1.22b              | 11.75±<br>0.45abcd  | 13.78±<br>1.49b | 1.14±<br>0.33abc    | 1.04±<br>0.33abcde | 1.37±<br>0.19abcdefg | 2.87±<br>1.03bcde |

续表 Continued Table

| 品种<br>Cultivar        | 叶粗蛋白 Leaf crude protein (%) |          |           |        | 茎粗蛋白 Stem crude protein (%) |           |        | 叶茎比 Leaf-stem ratio |           |             |           |
|-----------------------|-----------------------------|----------|-----------|--------|-----------------------------|-----------|--------|---------------------|-----------|-------------|-----------|
|                       | 春季                          | 夏季 I     | 夏季 II     | 秋季     | 春季                          | 夏季 II     | 秋季     | 春季                  | 夏季 I      | 夏季 II       | 秋季        |
|                       | Spring                      | Summer I | Summer II | Autumn | Spring                      | Summer II | Autumn | Spring              | Summer I  | Summer II   | Autumn    |
| WL712                 | 22.83±                      | 23.01±   | 23.14±    | 22.78± | 9.95±                       | 11.05±    | 12.91± | 1.57±               | 0.92±     | 1.41±       | 2.28±     |
|                       | 2.29ab                      | 2.55b    | 0.45bcdef | 0.89ab | 0.47ab                      | 1.10abcde | 0.29b  | 0.32a               | 0.15bcde  | 0.08abcdefg | 0.26cde   |
| WL656HQ               | 22.88±                      | 22.61±   | 22.31±    | 23.09± | 10.07±                      | 10.84±    | 11.87± | 1.33±               | 0.89±     | 1.27±       | 1.86±     |
|                       | 1.08ab                      | 1.73b    | 1.57bcdef | 1.17a  | 0.73ab                      | 0.16abcde | 0.45b  | 0.44abc             | 0.21bcde  | 0.14bcdefg  | 0.40cde   |
| WL525HQ               | 22.61±                      | 23.91±   | 23.38±    | 23.02± | 9.15±                       | 11.61±    | 13.34± | 1.39±               | 0.83±     | 1.15±       | 2.03±     |
|                       | 0.80ab                      | 1.55ab   | 0.65bcdef | 0.64a  | 0.42b                       | 0.98abcde | 1.05b  | 0.40abc             | 0.13e     | 0.18defg    | 0.27cde   |
| WL358HQ               | 22.86±                      | 23.15±   | 22.16±    | 22.41± | 9.07±                       | 10.59±    | 11.82± | 1.26±               | 1.05±     | 1.53±       | 2.35±     |
|                       | 1.52ab                      | 1.66b    | 0.79bcdef | 0.24ab | 0.52b                       | 0.86abcde | 0.65b  | 0.27abc             | 0.16abcde | 0.42abcde   | 0.32bcde  |
| 惊喜 Surprise           | 22.32±                      | 23.38±   | 22.67±    | 19.80± | 9.28±                       | 11.67±    | 12.58± | 1.52±               | 1.00±     | 1.78±       | 2.39±     |
|                       | 2.46ab                      | 1.55b    | 0.39bcdef | 1.41b  | 0.89b                       | 1.39abcde | 0.31b  | 0.10ab              | 0.10abcde | 0.54a       | 0.44bcde  |
| WL298HQ               | 22.61±                      | 23.89±   | 22.62±    | 23.28± | 9.90±                       | 11.48±    | 13.23± | 1.29±               | 0.92±     | 1.39±       | 2.99±     |
|                       | 0.79ab                      | 1.96ab   | 0.79bcdef | 0.79a  | 0.34ab                      | 0.60abcde | 1.35b  | 0.26abc             | 0.22bcde  | 0.21abcdefg | 0.79abcd  |
| 艾薇雅 Aivia             | 22.52±                      | 23.14±   | 21.89±    | 23.50± | 9.24±                       | 11.79±    | 12.35± | 1.15±               | 0.95±     | 1.36±       | 2.06±     |
|                       | 0.15ab                      | 1.91b    | 2.01def   | 0.31a  | 0.34b                       | 0.27abcd  | 1.27b  | 0.22abc             | 0.15bcde  | 0.18abcdefg | 0.20cde   |
| 南苜 701 Nanmu 701      | 23.18±                      | 22.47±   | 21.92±    | 23.15± | 8.81±                       | 10.21±    | 11.79± | 1.15±               | 0.97±     | 1.35±       | 2.19±     |
|                       | 0.57ab                      | 2.20b    | 0.65def   | 0.37a  | 1.16b                       | 0.61cde   | 0.21b  | 0.39abc             | 0.15bcde  | 0.06abcdefg | 0.50cde   |
| 大银河 Galaxie Max       | 22.62±                      | 24.48±   | 22.12±    | 22.28± | 9.28±                       | 11.01±    | 12.49± | 1.23±               | 0.89±     | 1.16±       | 1.94±     |
|                       | 1.15ab                      | 4.26ab   | 1.21cdef  | 1.14ab | 0.70b                       | 0.39abcde | 0.47b  | 0.44abc             | 0.12bcde  | 0.07defg    | 0.43cde   |
| 阿迪娜+Adrenalin+        | 23.54±                      | 23.50±   | 24.40±    | 22.51± | 9.84±                       | 10.68±    | 11.96± | 1.41±               | 0.93±     | 1.38±       | 1.67±     |
|                       | 1.15ab                      | 2.81b    | 1.29abcd  | 0.57ab | 0.94ab                      | 0.69abcde | 0.24b  | 0.26abc             | 0.02bcde  | 0.07abcdefg | 0.35de    |
| 燃力士 Energizer         | 22.14±                      | 22.83±   | 21.22±    | 22.27± | 9.18±                       | 10.27±    | 11.83± | 1.20±               | 0.84±     | 1.05±       | 1.88±     |
|                       | 0.72ab                      | 1.76b    | 2.53f     | 0.95ab | 1.11b                       | 0.52bcde  | 0.98b  | 0.23abc             | 0.08e     | 0.09efg     | 0.16cde   |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 23.63±                      | 23.99±   | 22.47±    | 22.35± | 9.59±                       | 10.87±    | 12.96± | 1.08±               | 0.87±     | 1.36±       | 2.11±     |
|                       | 0.92ab                      | 0.71ab   | 2.33bcdef | 1.01ab | 0.49ab                      | 0.22abcde | 0.51b  | 0.30abc             | 0.06bcde  | 0.14abcdefg | 0.35cde   |
| 威龙 Weilon             | 22.71±                      | 23.64±   | 24.69±    | 22.79± | 9.17±                       | 11.94±    | 12.97± | 1.40±               | 1.03±     | 1.27±       | 2.08±     |
|                       | 1.72ab                      | 0.70ab   | 0.57ab    | 1.51ab | 0.41b                       | 0.65a     | 0.19b  | 0.41abc             | 0.05abcde | 0.25bcdefg  | 0.42abcde |
| 北极熊 Gibraltar         | 22.90±                      | 24.11±   | 24.02±    | 21.18± | 9.90±                       | 11.02±    | 13.52± | 1.46±               | 1.07±     | 1.53±       | 2.00±     |
|                       | 0.88ab                      | 1.65ab   | 0.50abcde | 2.08ab | 0.35ab                      | 0.29abcde | 0.51b  | 0.33abc             | 0.13abcde | 0.19abcde   | 0.33cde   |
| 天马 Pegasus            | 23.95±                      | 23.18±   | 23.09±    | 23.50± | 10.40±                      | 10.96±    | 12.50± | 1.22±               | 0.90±     | 1.08±       | 1.62±     |
|                       | 1.59ab                      | 2.17b    | 1.28bcdef | 0.79a  | 0.98ab                      | 0.32abcde | 0.46b  | 0.41abc             | 0.12bcde  | 0.12defg    | 0.30de    |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 22.26±                      | 22.36±   | 22.51±    | 21.20± | 10.45±                      | 11.03±    | 12.61± | 1.25±               | 0.90±     | 1.02±       | 1.89±     |
|                       | 2.12ab                      | 1.89b    | 0.87bcdef | 2.04ab | 0.24ab                      | 1.40abcde | 0.58b  | 0.21abc             | 0.23bcde  | 0.10fg      | 0.28cde   |
| 游客+Eureka+            | 23.29±                      | 22.60±   | 23.00±    | 23.21± | 9.65±                       | 11.39±    | 12.09± | 1.26±               | 0.87±     | 1.18±       | 1.91±     |
|                       | 0.48ab                      | 1.06b    | 0.15bcdef | 1.34a  | 0.55ab                      | 0.69abcde | 0.33b  | 0.30abc             | 0.19bcde  | 0.03defg    | 0.28cde   |
| Bara520YQ             | 23.77±                      | 23.42±   | 23.87±    | 22.98± | 10.19±                      | 10.52±    | 13.06± | 1.37±               | 1.01±     | 1.28±       | 2.58±     |
|                       | 1.58ab                      | 1.41b    | 0.38abcde | 0.47a  | 0.23ab                      | 1.46abcde | 0.15b  | 0.32abc             | 0.02abcde | 0.28bcdefg  | 0.49bcde  |
| Bara416WET            | 22.85±                      | 22.51±   | 23.05±    | 22.96± | 10.50±                      | 11.80±    | 12.08± | 1.23±               | 1.11±     | 1.43±       | 4.02±     |
|                       | 1.24ab                      | 1.06b    | 0.67bcdef | 1.48a  | 0.12ab                      | 0.59abcd  | 0.48b  | 0.09abc             | 0.13abcde | 0.08abcdefg | 2.75a     |
| 苜蓿皇后 Queen            | 23.99±                      | 22.62±   | 25.96±    | 22.25± | 9.97±                       | 10.96±    | 18.98± | 1.40±               | 0.97±     | 0.96±       | 2.66±     |
|                       | 0.81ab                      | 2.04b    | 2.88a     | 0.91ab | 1.79ab                      | 0.67abcde | 9.53a  | 0.39abc             | 0.14bcde  | 0.18g       | 0.18bcde  |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 23.07±                      | 22.61±   | 22.79±    | 23.66± | 9.77±                       | 10.16±    | 11.53± | 1.19±               | 1.03±     | 1.53±       | 2.55±     |
|                       | 1.96ab                      | 0.38b    | 0.19bcdef | 0.95a  | 0.45ab                      | 1.71de    | 0.45b  | 0.17abc             | 0.09abcde | 0.22abcde   | 0.67bcde  |
| P 品种 Cultivar (C)     | 0.010                       |          |           |        | 0.007                       |           |        | 0.000               |           |             |           |
| 季节 Season (S)         | 0.396                       |          |           |        | 0.000                       |           |        | 0.000               |           |             |           |
| 品种×季节 C×S             | 0.987                       |          |           |        | 0.123                       |           |        | 0.003               |           |             |           |

注：茎粗蛋白夏季 I 未测；同列不同字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )，其中叶茎比  $P<0.001$ 。

Note: The stem crude protein was not measured in summer I; Different letters mean significant differences at  $P<0.05$ , leaf-stem ratio at  $P<0.001$ .

秋季分别为22.88%、23.17%、23.04%和22.30%;而茎粗蛋白含量变幅较大,为9.61%~14.46%。叶茎比结果显示,同一季节不同品种之间存在极显著差异( $P<0.001$ ),叶茎比在秋季最高,为2.44,夏季Ⅱ最低,为0.97。叶茎比依次为秋>春>夏季Ⅰ>夏季Ⅱ。

## 2.7 42个参试紫花苜蓿品种的性状变异分析

不同刈割茬次中各性状的变异系数存在明显差异(表8)。从农艺性状方面,鲜草产量的变异系数随刈割茬次的增加呈上升趋势,从第1茬的14.27%增至第4茬的43.19%,第5茬下降至24.84%。鲜干比的变异系数较低,为4.42%~10.01%。叶茎比的变异系数在第5茬最高,达32.79%。不同刈割茬次刈割后株高的变异系数整体呈上升趋势,从第1茬的14.38%增加到第5茬的47.76%。在品质性状方面,叶粗蛋白的变异系数为6.03%~10.23%,茎粗蛋白的变异系数均小于15%。整体来看,品质性状的变异幅度较小,表明其在各品种间变异相对一致。

表8 42个参试紫花苜蓿品种的性状变异系数

Table 8 Coefficient of variation of traits of 42 alfalfa cultivars in the test

| 性状<br>Character | 指标<br>Indicators                      | 第1茬 First cutting |      |       | 第2茬 Second cutting |      |       | 第3茬 Third cutting |      |       | 第4茬 Fourth cutting |      |       | 第5茬 Fifth cutting |      |       |
|-----------------|---------------------------------------|-------------------|------|-------|--------------------|------|-------|-------------------|------|-------|--------------------|------|-------|-------------------|------|-------|
|                 |                                       | M                 | SD   | CV(%) | M                  | SD   | CV(%) | M                 | SD   | CV(%) | M                  | SD   | CV(%) | M                 | SD   | CV(%) |
| 农艺<br>Agronomic | FGY ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ ) | 3.43              | 0.49 | 14.27 | 1.75               | 0.35 | 20.04 | 1.17              | 0.29 | 24.80 | 0.28               | 0.12 | 43.19 | 0.22              | 0.12 | 24.84 |
|                 | FDR (%)                               | 3.72              | 0.23 | 6.18  | —                  | —    | —     | 3.85              | 0.17 | 4.42  | 3.10               | 0.27 | 8.70  | 3.70              | 0.37 | 10.01 |
|                 | LSR (%)                               | 1.22              | 0.29 | 23.76 | —                  | —    | —     | 0.97              | 0.15 | 15.45 | 1.34               | 0.28 | 20.94 | 2.44              | 0.80 | 32.79 |
|                 | PHAM (cm)                             | 69.49             | 9.99 | 14.38 | 63.16              | 6.32 | 10.01 | 38.41             | 8.45 | 22.00 | 26.58              | 6.75 | 25.04 | 13.13             | 6.27 | 47.76 |
| 品质<br>Quality   | LCP (%)                               | 22.88             | 1.38 | 6.03  | —                  | —    | —     | 23.17             | 2.37 | 10.23 | 23.04              | 1.39 | 6.03  | 22.30             | 1.50 | 6.73  |
|                 | SCP (%)                               | 9.68              | 0.93 | 9.61  | —                  | —    | —     | —                 | —    | —     | 11.04              | 0.84 | 7.61  | 12.64             | 1.79 | 14.16 |

M: 均值 Mean; SD: 标准差 Standard deviation; CV: 变异系数 Coefficient of variation; FGY: 鲜草产量 Fresh grass yield; FDR: 鲜干比 Fresh-to-dry ratio; LSR: 叶茎比 Leaf-stem ratio; PHAM: 刈割后株高 Plant height after mowing; LCP: 叶粗蛋白 Leaf crude protein; SCP: 茎粗蛋白 Stem crude protein.

## 2.8 42个参试紫花苜蓿品种相关性分析

相关性分析表明,不同参试品种的秋眠级与季节变化共同影响其生长适性和生产性能(图3)。春季结果表明,返青后株高(H)与第1茬(春)刈割后再生株高(I)呈极显著正相关( $r=0.71$ );秋眠级(K)与H、I呈正相关( $r=0.69$ 、 $0.61$ ),表明高秋眠级品种春季复苏更快;但秋眠级与叶粗蛋白(A)、茎粗蛋白(B)、叶茎比(C)、鲜草产量(D)、含水量(E)、鲜干比(F)和干草产量(G)无相关性。叶粗蛋白与茎粗蛋白呈正相关( $r=0.45$ ),而叶茎比、茎粗蛋白与各指标无相关性。而在夏季中,返青株高与夏季Ⅰ、夏季Ⅱ刈割后的再生株高显著正相关( $r=0.60$ 、 $0.66$ ),秋眠级(K)与夏季相对减产率(L)呈负相关( $r=-0.50$ );与夏季Ⅱ鲜草产量呈显著正相关( $r=0.44$ ),但与夏季Ⅰ鲜草产量无显著相关性;说明高秋眠级品种在夏季Ⅱ下仍保持较好生长且减产较少。而夏季Ⅱ叶、茎粗蛋白含量与其他性状无相关性。秋季表现出,S返青株高(H)与秋季自然株高(I)及再生速度(J)相关性进一步增强( $r=0.87$ 、 $0.86$ ),秋眠级(K)与I呈极显著正相关( $r=0.68$ ),与鲜草产量(D)的相关系数为0.37。反映江淮地区高秋眠级品种在秋季恢复能力强,且对草产量具有影响。同样,在秋季中的叶、茎粗蛋白含量与其他性状无显著相关性。

## 2.9 42个参试紫花苜蓿品种灰色关联度分析

本试验采用灰色关联度分析法,以夏季相对减产率为核心评价依据,结合鲜草产量、叶粗蛋白、茎粗蛋白、叶茎比、鲜干比、含水量以及各茬次株高等指标进行综合评价(表9)。结果表明,不同品种生产性能存在显著差异。

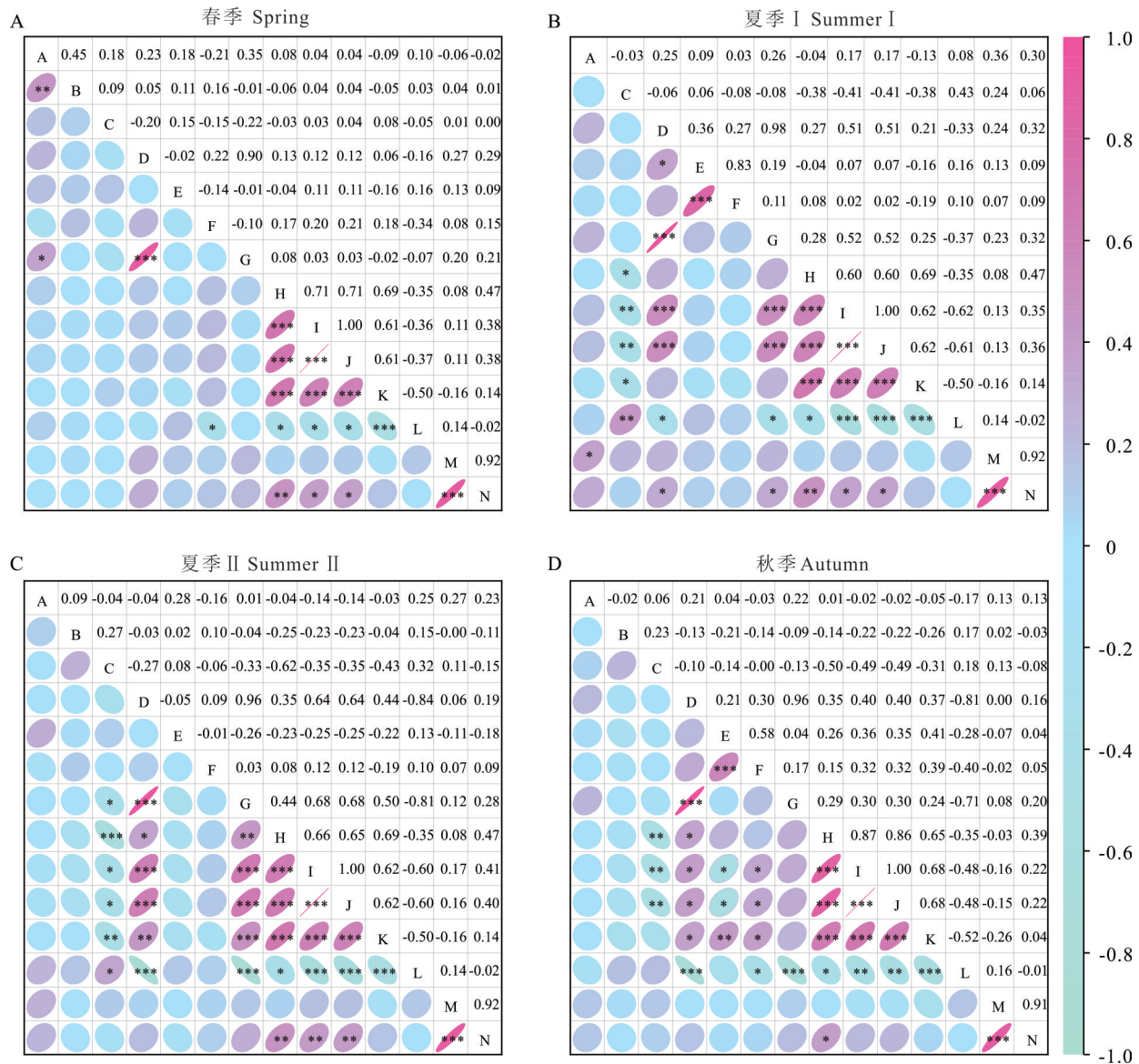


图 3 42 个参试紫花苜蓿品种各季节的指标相关性分析

Fig. 3 Correlation analysis of various seasonal indicators for 42 alfalfa cultivars in the test

A: 叶粗蛋白 Crude protein of leaves; B: 茎粗蛋白 Crude protein of stems; C: 叶茎比 Leaf-stem ratio; D: 鲜草产量 Fresh grass yield; E: 含水量 Water content; F: 鲜干比 Fresh-to-dry ratio; G: 干草产量 Hay yield; H: 返青后第 1 次株高 The first plant height after regreening; I: 刈割后再生株高 Plant height of regrowth after spring cutting; J: 刈割后再生速度 Regeneration rate after cutting; K: 秋眠级 Fall dormancy; L: 相对减产率 Relative yield reduction rate in summer; M: 刈割前生长速度 Growth rate cutting; N: 刈割前生长株高 Plant height; \*:  $P < 0.05$ ; \*\*:  $P < 0.01$ ; \*\*\*:  $P < 0.001$ .

WL525HQ 综合表现最优, 加权关联度为 0.7382, 夏季相对减产率为 0.569; 之后依次为 CUF101、淮扬 4 号、WL656HQ、巨能 801 和赛迪 10, 其夏季相对减产率分别为 0.639、0.631、0.717、0.664 和 0.707。综合排名靠前的品种普遍具有较高秋眠级, 如 WL525HQ(FD=8)、CUF101(FD=9)、赛迪 10(FD=10) 等。相比之下, 耐热性较弱品种如 WL298HQ(FD=3.2)、草原 3 号(FD=1)、Maverick(FD=1) 夏季相对减产率分别为 0.752、0.889、0.887。相关分析进一步显示, 秋眠级与夏季相对减产率呈极显著负相关( $r = -0.50, P < 0.001$ ), 表明高秋眠级品种在高温条件下具有更稳定的产量。

### 3 讨论

#### 3.1 秋眠性是影响苜蓿再生的重要指标之一

秋眠性是影响苜蓿返青与生长发育的重要因子, 但其效应随生育期进程推进而减弱<sup>[12]</sup>。本研究发现, 秋眠级

表9 42个参试紫花苜蓿品种灰色关联度

Table 9 Gray correlation degree of 42 alfalfa cultivars in the test

| 品种 Cultivar           | WCD    | SRPR  | R  | FD  | 品种 Cultivar           | WCD    | SRPR  | R  | FD      |
|-----------------------|--------|-------|----|-----|-----------------------|--------|-------|----|---------|
| WL525HQ               | 0.7382 | 0.569 | 1  | 8   | Sutter                | 0.5957 | 0.704 | 22 | 7       |
| CUF 101               | 0.7124 | 0.639 | 2  | 9   | 龙牧 806 Longmu 806     | 0.5925 | 0.773 | 23 | 1.2~1.6 |
| 淮扬 4 号 Huaiyang No. 4 | 0.7051 | 0.631 | 3  | 3   | 惊喜 Surprise           | 0.5893 | 0.829 | 24 | 4       |
| WL656HQ               | 0.6989 | 0.717 | 4  | 9.3 | 公农 5 号 Gongnong No. 5 | 0.5861 | 0.792 | 25 | 3       |
| 巨能 801 Magnum No. 801 | 0.6867 | 0.664 | 5  | 8   | Bara416WET            | 0.5829 | 0.769 | 26 | 4       |
| 赛迪 10 Sardi 10        | 0.6813 | 0.707 | 6  | 10  | 巨能 601 Magnum No. 601 | 0.5797 | 0.792 | 27 | 6       |
| 天马 Pegasis            | 0.6684 | 0.745 | 7  | 9   | 北极熊 Gibraltar         | 0.5765 | 0.848 | 28 | 2       |
| 游客+Eureka+            | 0.6652 | 0.744 | 8  | 8   | 中苜 1 号 Zhongmu No. 1  | 0.5733 | 0.751 | 29 | 3~4     |
| 燃力士 Energizer         | 0.6553 | 0.798 | 9  | 6   | 甘农 3 号 Gannong No. 3  | 0.5701 | 0.829 | 30 | 3~4     |
| WL358HQ               | 0.6421 | 0.776 | 10 | 4.1 | 苜蓿皇后 Queen            | 0.5669 | 0.789 | 31 | 2       |
| 大银河 Galaxie Max       | 0.6389 | 0.784 | 11 | 4.3 | MF4020                | 0.5637 | 0.770 | 32 | 4       |
| 阿迪娜+Adrenalin         | 0.6327 | 0.732 | 12 | 4   | Vernal                | 0.5605 | 0.690 | 33 | 2       |
| 艾薇雅 Aivia             | 0.6295 | 0.766 | 13 | 8   | 巨能 995 Magnum No. 995 | 0.5573 | 0.738 | 34 | 9+      |
| Archer                | 0.6253 | 0.734 | 14 | 5   | Abi 700               | 0.5541 | 0.855 | 35 | 6       |
| 南苜 701 Nan Mu 701     | 0.6181 | 0.816 | 15 | 7   | WL712                 | 0.5509 | 0.688 | 36 | 10.2    |
| Bara520YQ             | 0.6149 | 0.730 | 16 | 5   | 斯贝德 Spade             | 0.5477 | 0.922 | 37 | 1       |
| 赛沃 5 Saivo 5          | 0.6117 | 0.732 | 17 | 5   | Boja                  | 0.5445 | 0.778 | 38 | 3       |
| 甘农 9 号 Gannong No. 9  | 0.6085 | 0.898 | 18 | 7   | 草原 3 号 Caoyuan No. 3  | 0.5413 | 0.889 | 39 | 1       |
| 皇冠 Crown              | 0.6053 | 0.777 | 19 | 2~3 | Ranger                | 0.5381 | 0.882 | 40 | 3       |
| 沃苜 1 号 Womu No. 1     | 0.6021 | 0.792 | 20 | 3.5 | Maverick              | 0.5317 | 0.887 | 41 | 1       |
| 威龙 Weilon             | 0.5989 | 0.791 | 21 | 3   | WL298HQ               | 0.5317 | 0.752 | 42 | 3.2     |

WCD: 加权关联度 Weighted correlation degree; SRPR: 夏季相对减产(负向) Summer relative production reduction (negative); R: 排名 Ranking; FD: 秋眠级 Fall dormancy rating.

与返青后株高呈极显著正相关,高秋眠级品种返青集中在3月3日前,较多数1~5级品种提前1~2周时间,与李岩等<sup>[23]</sup>在安徽地区引种的结论一致,支持秋眠级越高的苜蓿品种春季返青越早的研究结果。推测由于江淮地区冬季温和,满足了高秋眠级苜蓿快速返青的前提,其温暖春季又为这种即时生长提供了理想条件。虽然秋眠级与返青早晚存在相关性,但其与未刈割之前的盛花期株高无稳定对应关系,表明秋眠性主要影响生长启动阶段,而中后期生长表现更多受品种自身遗传特性调控。

各茬次刈割后再生株高与其再生能力是反映牧草生长势与恢复力的重要指标之一<sup>[24]</sup>。本研究进一步发现,江淮地区各茬次刈割后再生株高呈“春季>夏季>秋季”的递减趋势,相关性分析进一步表明,各茬次刈割后再生株高与再生速度、秋眠级之间相关性极强,且秋眠级与各茬株高呈极显著正相关。如燃力士、WL525HQ等高秋眠级品种在各茬次均表现出较强的再生能力。其次,高秋眠级品种在秋季刈割后的自然株高普遍为19.96~24.78 cm,而低秋眠级品种多低于10 cm,这一现象可能与高秋眠级品种对光温变化不敏感,其生长点始终保持活跃有关,该结果与孙延亮等<sup>[14]</sup>的研究结论一致,进一步支持了高秋眠级品种在南方地区的秋季生长优势。

本试验中所用的育成品种淮扬4号是适应江淮地区夏季高温高湿环境的南方型苜蓿品种。尽管其秋眠级较低,但其越冬率和草产量均显著高于一些高秋眠级材料,且具有明显的早熟特性。这种“早熟”的生育策略,使其能够在盛夏高温胁迫来临前完成关键生长阶段,显示出对区域逆境独特适应性的,为南方湿热地区苜蓿品种选育提供了新的思路与种质资源。

### 3.2 草产量和品质与秋眠性的关系

草产量是评价牧草品种区域适应性与生产潜力的关键依据<sup>[25]</sup>。本研究结果显示,参试品种的年鲜草产量变异范围较大,为4.12~8.82 kg·m<sup>-2</sup>,其中Archer、WL525HQ、Sutter等品种表现出显著产量优势。不同秋眠级品

种的草产量呈明显的季节性波动,第 1 茬(春)草产量显著高于后 4 茬,对全年总产量贡献最为突出,占比为 50.72%。可见,第 1 茬草产量的高低在很大程度上决定了参试品种的年产量。已有研究指出,首茬高产可能与春季光温水条件适宜、植株生长旺盛,以及从返青(3 月)到盛花期(5 月中旬)长达两月的生长期密切相关,该结果与吕会刚等<sup>[25]</sup>、曹宏等<sup>[26]</sup>的研究结论一致。进一步表明春季和初夏是江淮地区苜蓿产量形成的关键时期。第 4 茬(夏季Ⅱ)和第 5 茬(秋)苜蓿生物量骤降,仅占全年总产量的 7%,这可能与 7 和 8 月高温及秋季日照时数减少有关。但秋眠级与夏季相对减产率呈显著负相关,高秋眠级品种在夏季第 3~5 茬表现出较强的恢复能力,产量显著高于低秋眠级品种,表明高秋眠级苜蓿具备良好的越夏适应性与再生潜力,能够在胁迫缓解后快速恢复生长。

叶片作为粗蛋白的主要富集器官,其占比直接影响饲草品质上限<sup>[27-28]</sup>。本研究发现,不同秋眠级品种在粗蛋白含量和叶茎比方面存在一定差异。叶片粗蛋白在不同季节间相对稳定,为 22.30%~23.17%,而茎粗蛋白波动相对较大,为 9.60%~11.04%,表明叶片作为蛋白质主要储存部位具有较高的稳定性,受环境影响相对较小。叶茎比呈明显的季节性变化,秋季最高,达 2.44,夏季第 2 次刈割时最低,为 0.97,可能与夏季高温条件下植株的光合产物分配策略改变有关,如养分向根系转移<sup>[29]</sup>。然而,在春、夏季Ⅰ、夏季Ⅱ和秋季刈割时的叶、茎粗蛋白含量与秋眠级之间无显著相关性,与唐开婷等<sup>[30]</sup>报道粗蛋白与秋眠级呈极显著负相关的结论存在差异,推测可能与生态区域气候条件、土壤特性及品种遗传背景之间的互作效应有关。因此,在南方地区开展苜蓿育种时,建议优先选用高秋眠级种质,重点筛选在生物量、株高、叶茎比等高变异农艺性状上表现优异且稳定的个体,从而系统提升品种的高产潜力和综合抗逆能力。

### 3.3 参试品种综合评价分析

夏季持续高温高湿是限制江淮地区苜蓿生产的主要环境胁迫因子之一<sup>[27]</sup>。采用灰色关联度分析对参试品种进行综合评价,以期系统评估其在区域生态条件下的综合适应能力。本研究发现秋眠级与夏季相对减产率呈显著负相关,即高秋眠级品种普遍具备更强的越夏能力,推测可能因其持续的代谢活力以及对光温变化不敏感性,从而在高温胁迫下仍能维持较好的生理功能与抗逆表现。通过综合分析,WL525HQ、WL656HQ、淮扬 4 号、赛迪 10 和巨能 801 品种在高温胁迫下仍能保持较高的产量与再生能力,可作为适宜在江淮地区推广的优良种质。其次,苜蓿的耐热性不仅体现在生物量的稳定性上,还应综合考察其再生速率、水分利用效率及抗病性等关联性状。例如,品种 CUF 101 虽在越夏能力方面表现较好,但由于叶片易感病害,导致第 3 茬草产量显著下降,说明单一性状的优劣并不能完全反映品种的综合耐逆能力,在多性状协同选择中需加以全面权衡。

## 4 结论

本研究系统评估了江淮地区不同秋眠性紫花苜蓿品种的适应性与生产性能。结果表明,秋眠性是影响苜蓿越夏表现与再生能力的关键性状:高秋眠级品种返青早、再生速度快,且与夏季相对减产率呈显著负相关,表现出对区域高温高湿胁迫更强的适应性。通过灰色关联度分析综合评价,筛选出 WL525HQ、WL656HQ、赛迪 10、巨能 801 和淮扬 4 号为兼具高产潜力与耐湿热能力的优良品种。本研究明确了秋眠性在江淮地区苜蓿引种评价中的指示价值,并为该生态区耐逆品种的选育与推广提供了可靠的品种资源与理论依据。

### 参考文献 References:

- [1] Tucker J J, Mullenix M K, Rios E, *et al.* Systems management strategies for increasing alfalfa use in warm-humid regions. *Grassland Research*, 2024, 3(2): 187–198.
- [2] Ta H T, Teixeira E I, Brown H E, *et al.* Yield and quality changes in lucerne of different fall dormancy ratings under three defoliation regimes. *European Journal of Agronomy*, 2020, 115: 126012.
- [3] Feng Y P, Shi Y, Zhao M Y, *et al.* Yield and quality properties of alfalfa (*Medicago sativa* L.) and their influencing factors in China. *European Journal of Agronomy*, 2022, 141: 126637.
- [4] Li Y Z, Li X R, Zhang J, *et al.* Physiological and proteomic responses of contrasting alfalfa (*Medicago sativa* L.) varieties to high temperature stress. *Frontiers in Plant Science*, 2021, 12: 753011.
- [5] Tong C C, Liu X J, Yun X K, *et al.* Correlation between the cold resistance of alfalfa varieties and their fall dormancy. *Grassland*

- and Turf, 2020, 40(6): 84—88, 94.
- 童长春, 刘晓静, 运向凯, 等. 苜蓿品种抗寒性与秋眠级的相关性研究. 草原与草坪, 2020, 40(6): 84—88, 94.
- [6] Zhao J T, Yue Y F, Zhang Q B, *et al.* Relationship between cold resistance of alfalfa, degree of fall-dormancy and snow cover thickness in Northern Xinjiang. *Acta Prataculturae Sinica*, 2022, 31(8): 24—34.
- 赵建涛, 岳亚飞, 张前兵, 等. 不同秋眠级紫花苜蓿品种抗寒性对新疆北疆地区覆雪厚度的响应. 草业学报, 2022, 31(8): 24—34.
- [7] Liu Z Y, Li X L, Li F, *et al.* Mechanisms underlying the effects of fall dormancy on the cold acclimation and winter hard-iness of *Medicago sativa*. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2015, 39(6): 635—648.
- 刘志英, 李西良, 李峰, 等. 紫花苜蓿秋眠型对低温驯化过程与越冬耐寒适应的作用机理. 植物生态学报, 2015, 39(6): 635—648.
- [8] Han R H, Gao G J. Evaluation on heat-resistance of varieties of purple-flower alfalfa with fall dormancy classes at seedling stage. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2009, 30(6): 158—159, 180.
- 韩瑞宏, 高桂娟. 秋眠级不同的紫花苜蓿苗期耐热性评价. 畜牧与饲料科学, 2009, 30(6): 158—159, 180.
- [9] Zhao Y, Bi Y F, Wang H, *et al.* The relationship between heat-tolerance and fall dormancy of *Medicago sativa* cultivars at seed germination stage. *Grassland and Turf*, 2012, 32(6): 11—16.
- 赵雁, 毕玉芬, 王荟, 等. 种子萌发期紫花苜蓿秋眠级与耐热性的关系. 草原与草坪, 2012, 32(6): 11—16.
- [10] Zhang X X. The identification and mechanism of heat resistance on different rank of fall-dormancy alfalfas in summer. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2010.
- 张晓霞. 不同秋眠级紫花苜蓿越夏期抗热性鉴定及其机理研究. 郑州: 河南农业大学, 2010.
- [11] Wang M, Li L, Jia R, *et al.* Evaluation of physiological characteristics and cold resistance of 10 alfalfa varieties under low temperature stress. *Acta Prataculturae Sinica*, 2024, 33(6): 76—88.
- 王敏, 李莉, 贾蓉, 等. 10种紫花苜蓿在低温胁迫下的生理特性及耐寒性评价. 草业学报, 2024, 33(6): 76—88.
- [12] Li L B, Aibibula·Yimamu, Halimulai·Nrehemaiti, *et al.* Comparative analysis of growth and production performance among alfalfa varieties with different fall dormancy classes in the agricultural region of northern Tianshan Mountains. *Feed Research*, 2024, 47(21): 130—137.
- 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. 饲料研究, 2024, 47(21): 130—137.
- [13] Qi J J, Fu D Q, Wang X Z, *et al.* Comparison of production performance and nutritional quality of alfalfa with different autumn dormancy levels in Shihezi area. *Feed Research*, 2023, 46(14): 125—130.
- 齐江蛟, 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. 饲料研究, 2023, 46(14): 125—130.
- [14] Sun Y L, Liu X S, Li S Y, *et al.* Comprehensive evaluation of production performance with different fall dormancy rates of alfalfa in Shihezi, Xinjiang. *Acta Agrestia Sinica*, 2022, 30(5): 1227—1236.
- 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. 草地学报, 2022, 30(5): 1227—1236.
- [15] Li J H, Zhu X Q, Yu C Q, *et al.* Study on adaptability of different fall-dormancy grade alfalfa varieties in high altitude valley agricultural area of Tibet. *China Herbivore Science*, 2023, 43(3): 27—31, 36.
- 李锦华, 朱新强, 余成群, 等. 西藏高海拔河谷农区不同秋眠型苜蓿品种适应性研究. 中国草食动物科学, 2023, 43(3): 27—31, 36.
- [16] Wang X L, Li H, Mi F G, *et al.* Comparison of production performance and winter survival rate of different fall dormancy alfalfa varieties. *Acta Prataculturae Sinica*, 2019, 28(6): 82—92.
- 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. 草业学报, 2019, 28(6): 82—92.
- [17] Zhao H M, You Y L, Li Y, *et al.* Adaptability evaluation of different fall dormant alfalfa varieties in the Haihe Plain. *Chinese Journal of Grassland*, 2020, 42(1): 48—57.
- 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. 中国草地学报, 2020, 42(1): 48—57.
- [18] Lu X S, Yun X J, Wang T M, *et al.* Rules for alfalfa fall dormancy rate evaluation: GB/T 37069—2018. Beijing: China Standards Press, 2018.
- 卢欣石, 俞旭江, 王铁梅, 等. 苜蓿秋眠性分级评定: GB/T 37069—2018. 北京: 中国标准出版社, 2018.
- [19] Yun X J, Yuan Q H, Su J K, *et al.* Code of practice for herbage variety registration: GB/T 30395—2013. Beijing: China

- Standards Press, 2014.
- 负旭疆, 袁庆华, 苏加楷, 等. 草品种审定技术规程: GB/T 30395—2013. 北京: 中国标准出版社, 2014.
- [20] National Market Supervision and Administration Bureau, National Standardization Administration Committee. Animal feed—Preparation of test samples: GB/T 20195—2024. Beijing: China Standards Press, 2024.
- 国家市场监督管理总局, 国家标准化管理委员会. 动物饲料 试样的制备: GB/T 20195—2024. 北京: 中国标准出版社, 2024.
- [21] Liu Y K, Wang J W, Wang J, *et al.* Comparison and analysis of production performance and nutritional value of 13 alfalfa varieties in the Cangzhou saline-alkali area. *Pratacultural Science*, 2023, 40(7): 1823—1832.
- 刘艳昆, 王佳文, 王静, 等. 13 个紫花苜蓿品种在沧州盐碱地的生产性能和营养价值. *草业科学*, 2023, 40(7): 1823—1832.
- [22] Gao Y M, Yu J, Sarina, *et al.* Climate suitability evaluation of 16 alfalfa varieties in Tongliao area. *Animal Husbandry and Feed Science*, 2021, 42(1): 91—97.
- 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. *畜牧与饲料科学*, 2021, 42(1): 91—97.
- [23] Li Y, Xu Z M, Li Z Y, *et al.* Introduction of American alfalfa materials with different fall dormancy in Anhui Province. *Grassland and Turf*, 2021, 41(3): 125—129, 136.
- 李岩, 徐智明, 李争艳, 等. 不同秋眠级美国紫花苜蓿材料在安徽地区的引种试验. *草原与草坪*, 2021, 41(3): 125—129, 136.
- [24] Zheng M N, Liang X Z, Han Z S, *et al.* Productivity and nutritional value of 28 alfalfa varieties in the Yanmenguan area of Shanxi Province. *Acta Prataculturæ Sinica*, 2018, 27(5): 97—108.
- 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. *草业学报*, 2018, 27(5): 97—108.
- [25] Lv H G, Kang J M, Long R C, *et al.* Yield evaluation of 22 alfalfa cultivars in Hebei area. *Acta Agrestia Sinica*, 2018, 26(4): 948—958.
- 吕会刚, 康俊梅, 龙瑞才, 等. 河北地区 22 个紫花苜蓿品种的生产性能比较研究. *草地学报*, 2018, 26(4): 948—958.
- [26] Cao H, Geng Z G, Li Q, *et al.* Adaptability of 11 alfalfa varieties in southern Qingyang. *Pratacultural Science*, 2018, 35(8): 1937—1947.
- 曹宏, 耿智广, 李茜, 等. 11 个紫花苜蓿品种在庆阳南部的适应性. *草业科学*, 2018, 35(8): 1937—1947.
- [27] Monirifar H, Roudsari A M, Ghassemi S, *et al.* Harvest time and cultivar effects on growth, physiological traits, yield and quality of alfalfa in saline condition. *International Journal of Plant Production*, 2020, 14(3): 453—462.
- [28] Shen Y H, Li X L, Liu J H, *et al.* Comparative study on production performance and nutritional value of 21 alfalfa varieties. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2025, 56(4): 33—43.
- 申玉华, 李晓兰, 刘敬红, 等. 21 个紫花苜蓿品种的生产性能和营养价值比较研究. *沈阳农业大学学报*, 2025, 56(4): 33—43.
- [29] Lü X D, Wang J G, Bai Y C. Comprehensive evaluation on nutrition value of 11 introduced alfalfa varieties in Inner Mongolia. *Grassland and Turf*, 2013, 33(3): 21—25, 30.
- 吕小东, 王建光, 白音仓. 内蒙古引进的 11 个国外苜蓿品种营养价值的灰色评价. *草原与草坪*, 2013, 33(3): 21—25, 30.
- [30] Tang K T, Zhang F F, Wang X Z, *et al.* Study on the hay yield and nutrition of ten alfalfa varieties in different fall dormancy classes in Northern Xinjiang. *Chinese Journal of Grassland*, 2018, 40(3): 43—48.
- 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. *中国草地学报*, 2018, 40(3): 43—48.