

## 兴安盟地区 28 个紫花苜蓿品种生产性能研究

毕盛楠, 温丽, 侯伟峰, 徐兴健, 其格其, 赵力兴, 李凤娇, 姜昕禹, 张旗, 莽春霞

(兴安盟农牧科学研究所, 内蒙古乌兰浩特 137400)

**摘要** 为筛选兴安盟地区旱作条件下适宜引进栽培的优良苜蓿品种, 以国内外引进的 28 个紫花苜蓿品种为试验材料, 在兴安盟地区开展种植试验, 测定各参试品种紫花苜蓿的粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量, 计算其相对饲用价值, 运用隶属函数法对其营养价值进行综合评价。结果显示, 参试的 28 个紫花苜蓿品种中, 粗蛋白、粗脂肪、粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维含量存在差异。经过综合评价, 表现良好的品种为大银河、佰首 401、标靶, 可在兴安盟当地大面积推广应用。

**关键词** 紫花苜蓿; 营养价值; 隶属函数; 综合评价

中图分类号 S551<sup>+</sup>.7 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2023)02-0033-04

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.02.009



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Production Performance Research on 28 *Medicago sativa* Varieties in Hinggan League Area

BI Sheng-nan, WEN Li, HOU Wei-feng et al (Hinggan League Institute of Agriculture and Animal Husbandry Science, Ulanhot, Inner Mongolia 137400)

**Abstract** In order to screen the excellent *Medicago sativa* varieties suitable for introduction and cultivation under dry farming conditions in Hinggan League Area, planting test of imported 28 alfalfa varieties was carried out in Hinggan League Area. We determined the crude protein, crude fat, crude ash, acid detergent fiber and neutral detergent fiber content of tested varieties, calculated the relative feed value, and used the method of subordinate function to evaluate nutritional value. Results showed that the contents of crude protein, crude fat, ash, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were varied among the tested varieties. After comprehensive evaluation, the varieties with good performance were Dayinhe, Baimu 401 and Biaoaba, which could be widely promoted and applied in Hinggan League Area.

**Key words** Alfalfa; Nutritional value; Membership function; Comprehensive evaluation

紫花苜蓿(*Medicago sativa*)是一种产量高、营养价值高、抗逆性强的多年生豆科牧草, 具有“牧草之王”的美誉<sup>[1-2]</sup>, 我国苜蓿种植面积占世界苜蓿种植面积的 16%, 但苜蓿干草产量远不能满足需求, 每年需进口苜蓿 500 万 t 左右来补充内需, 因此发展苜蓿业是当前我国畜牧业发展的必然选择和趋势。全国各地有关苜蓿品种比较试验及相关研究较多, 通过调查其越冬率、物候期、产量性状、营养成分、遗传表现等指标<sup>[3-10]</sup>, 评价其在引种地的适应能力。但是, 关于兴安盟地区苜蓿引种的研究报道较少。鉴于此, 笔者在兴安盟地区开展种植试验, 对 28 个国内外苜蓿品种的营养价值进行比较研究, 运用隶属函数对 28 个苜蓿品种的营养成分进行综合分析, 选出适宜当地生长、综合性能良好的苜蓿品种, 为当地优良苜蓿品种的引种栽培和大规模推广提供参考。

## 1 材料与方

**1.1 试验地概况** 该研究在兴安盟农牧科学研究所试验基地进行。试验地点位于内蒙古兴安盟乌兰浩特市(122°03'E, 46°06'N), 地处大兴安岭南麓的低山丘陵地区, 属温带大陆性季风气候, 海拔 286 m, 年均气温 4.1 °C, 年降水量 416.7 mm, 无霜期 140 d 左右。试验地土壤为暗栗钙土, 土壤有机质含量 21.09 g/kg, 全氮含量 0.27 g/kg, 碱解氮含量 43.54 mg/kg, 全钾含量 64.12 g/kg, 速效钾含量 77.38 mg/kg,

全磷含量 0.17 g/kg。前茬为玉米, 肥力均匀, 具有灌溉条件。

**1.2 参试品种及来源** 参试的 28 个紫花苜蓿品种及来源见表 1。

**1.3 试验设计** 试验采用单因素随机区组设计, 共 28 个紫花苜蓿参试品种, 每个品种 3 次重复, 共 84 个小区, 小区面积 10 m<sup>2</sup>(2 m×5 m), 小区间隔 50 cm, 于 2020 年 5 月 25 日播种, 条播行距 25 cm, 播深 2 cm, 播量 15 kg/hm<sup>2</sup>, 播种前施磷酸二铵 150 kg/hm<sup>2</sup>。生长季人工除草 2 次, 分别于 6 月 1、18 日各浇 1 次透水, 8 月 20 日刈割收获。

**1.4 营养成分指标测定及计算方式** 紫花苜蓿初花期取样, 在每个小区中间位置设置样方 0.5 m×0.5 m, 齐地面刈割样方内的植株, 刈割后立即称鲜重。从新鲜植株样品中随机取 150 g 先用自来水冲洗, 再用去离子水冲洗, 然后用粗滤纸擦干洗好的植株样品, 在烘箱中 105 °C 下杀青 15 min, 再置于 70 °C 下烘干至样品恒重, 粉碎后过 40 目筛用于紫花苜蓿品质指标测定。粗蛋白质含量测定采用凯氏定氮法测定; 粗脂肪含量测定采用 ANKOM 2000 索氏抽提法; 粗灰分含量测定采用干灰化法; 纤维含量(CF、NDF 和 ADF)测定采用 ANKOM 2000 纤维分析仪。

相对饲用价值测定如下: 紫花苜蓿饲用价值以相对饲用价值(RFV)表现, 由于物质采食量(DMI)和可消化干物质(DDM)计算得到, 计算方法如下:

$$RFV = DMI \times DDM / 1.29$$

$$DMI = 120 / NDF$$

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

式中, DMI 表示干物质采食量, 单位%, 其含义为占体重的百分比; DDM 表示可消化干物质<sup>[11]</sup>。

**基金项目** 兴安盟科技计划项目“耐寒优质苜蓿选育及配套栽培技术研究”; 内蒙古农牧业青年创新基金项目(2020QNJM03); 内蒙古农牧业青年创新基金项目(2021QNJM04); 兴安盟科技计划项目(MB202101)。

**作者简介** 毕盛楠(1994—), 女, 内蒙古通辽人, 助理研究员, 硕士, 从事牧草栽培与育种研究。

**收稿日期** 2022-03-03

表1 紫花苜蓿参试品种及来源

Table 1 Test varieties and sources of *Medicago sativa*

编号 Code	品种名称 Variety name	来源 Source	编号 Code	品种名称 Variety name	来源 Source
1	大银河	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司	15	维多利亚	克劳沃(北京)生态科技有限公司
2	标靶	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司	16	图牧二号	兴安盟农牧科学研究所
3	佰苜 401	北京佰青源畜牧业科技发展有限公司	17	敖汉	中国农业科学院草原研究所
4	WL358HQ	北京正道种业有限公司	18	肇东	中国农业科学院草原研究所
5	WL363HQ	北京正道种业有限公司	19	龙牧 801	中国农业科学院草原研究所
6	WL366HQ	北京正道种业有限公司	20	龙牧 806	中国农业科学院草原研究所
7	可汗	北京正道种业有限公司	21	佳盛	中国农业科学院草原研究所
8	苜丰	北京正道种业有限公司	22	亮牧	中国农业科学院草原研究所
9	惊喜	北京正道种业有限公司	23	农青 1 号	中国农业科学院草原研究所
10	极光	新疆迈特威草业有限公司	24	中苜 1 号	中国农业科学院草原研究所
11	拉迪诺	新疆迈特威草业有限公司	25	中苜 2 号	中国农业科学院草原研究所
12	劲 5010	新疆迈特威草业有限公司	26	中苜 3 号	中国农业科学院草原研究所
13	复兴	北京正道种业有限公司	27	工农 1 号	中国农业科学院草原研究所
14	WL440HQ	北京正道种业有限公司	28	沃苜 1 号	克劳沃(北京)生态科技有限公司

**1.5 数据处理** 采用 WPS 软件对原始数据进行简单整理和分析;采用 DPS(V7.05)软件进行单因素方差分析和 Duncan 氏多重比较。试验数据用“平均值±标准差”的形式表示, $P < 0.05$  表示差异显著, $P > 0.05$  表示差异不显著。

隶属函数计算公式: $R(X_i) = (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ ;反隶属函数计算公式: $R(X_i) = 1 - (X_i - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min})$ 。式中, $R$  表示隶属函数值, $X_i$  为当前指标测定值, $X_{\max}$  和  $X_{\min}$  为指标最大值和最小值,其中中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和粗灰分为反隶属函数,其他均为正隶属函数。

## 2 结果与分析

**2.1 28 个紫花苜蓿品种营养价值比较** 由表 2 可知,28 个苜蓿品种粗蛋白含量最高的品种是标靶,为 20.79%,与佰苜 401 和敖汉间差异不显著,但与其他品种间差异显著;WL440HQ 粗蛋白含量最低,为 17.80%,显著低于其他各品

种。粗灰分含量较高的品种是 WL363HQ、极光、亮牧、图牧二号、标靶、WL366HQ、敖汉、龙牧 801 和农青 1 号;粗灰分含量较低品种是 WL358HQ、可汗、WL440HQ、维多利亚、肇东、龙牧 806、中苜 1 号。粗脂肪含量较高的品种是大银河、标靶、佰苜 401、WL363HQ、WL366HQ、惊喜、苜丰、劲 5010、复兴 I、敖汉、肇东、龙牧 801、佳盛、工农 1 号,粗脂肪含量最低品种是沃苜 1 号。中性洗涤纤维含量较高的品种是 WL440HQ、中苜 1 号、可汗,中性洗涤纤维含量较低品种是大银河、WL358HQ、WL366HQ、劲 5010、拉迪诺、敖汉、农牧 801、佳盛、农青 1 号。酸性洗涤纤维最高的是品种 WL440HQ,显著高于其他各品种;酸性洗涤纤维含量低的品种是标靶。标靶和佰苜 401 的相对饲喂价值较高,显著高于其他各品种,WL440HQ 相对饲喂价值最低。

表2 28个紫花苜蓿品种营养价值比较

Table 2 Comparison of the nutritional values of 28 varieties of *Medicago sativa*

序号 Code	品种名称 Variety name	粗蛋白含量 Crude protein content/%	粗灰分含量 Crude ash content/%	粗脂肪含量 Crude fat content/%	中性洗涤 纤维含量 Neutral detergent fiber content/%	酸性洗涤 纤维含量 Acid detergent fiber content/%	相对饲 喂价值 Relative feeding value(RFV)
1	大银河	20.14±0.45 cd	9.39±0.07 ghij	2.02±0.12 a	46.03±0.62 j	38.54±0.42 lmn	119.00±2.13 bc
2	标靶	20.79±0.36 a	9.86±0.13 abcd	1.84±0.15 abcdef	44.60±0.08 k	37.41±0.56 o	124.64±1.09 a
3	佰苜 401	20.37±0.13 abc	9.60±0.21 defg	1.91±0.11 abc	44.69±0.50 k	37.88±0.39 no	123.65±1.72 a
4	WL358HQ	19.43±0.31 fghij	8.95±0.12 k	1.73±0.10 defg	46.26±0.63 j	39.50±0.55 ijkl	116.92±2.45 bcd
5	WL363HQ	19.06±0.05 jk	10.10±0.03 a	1.89±0.01 abcde	47.74±0.77 fgh	40.19±0.79 ghij	112.25±3.01 efg
6	WL366HQ	19.57±0.20 efghi	9.91±0.14 abc	1.87±0.05 abcde	46.12±0.56 j	39.54±0.73 ijkl	117.41±2.34 bcd
7	可汗	18.32±0.14 l	8.98±0.19 k	1.77±0.05 cdefg	50.03±0.86 ab	42.58±1.57 b	103.64±4.00 lm
8	苜丰	19.37±0.18 fghij	9.46±0.25 fghij	1.88±0.11 abcde	49.19±0.16 bcd	42.33±0.27 bc	106.44±0.44 ijkl
9	惊喜	19.26±0.19 hij	9.69±0.07 cdef	1.89±0.06 abcde	47.02±0.54 ghij	40.14±0.39 ghij	114.01±1.80 def
10	极光	19.80±0.08 def	9.97±0.21 abc	1.81±0.06 bcdef	47.98±0.58 efg	42.36±0.20 bc	108.39±1.43 hij
11	拉迪诺	19.97±0.46 cde	9.29±0.07 ij	1.83±0.09 bcdef	46.00±0.97 j	39.25±0.61 jklm	118.20±3.17 bc
12	劲 5010	19.76±0.16 defg	9.78±0.13 bcde	1.90±0.05 abcd	46.11±0.20 j	39.65±0.41 hijk	117.03±0.89 bcd
13	复兴 I	19.11±0.03 ijk	9.55±0.20 efghi	1.91±0.04 abc	47.55±0.08 fghi	40.49±0.30 fghi	112.22±0.61 efg
14	WL440HQ	17.80±0.20 m	8.98±0.02 k	1.63±0.09 g	50.92±0.23 a	43.53±0.71 a	100.45±1.17 m
15	维多利亚	18.73±0.07 k	9.00±0.22 k	1.81±0.03 bcdef	48.27±0.05 def	41.41±0.60 cdef	109.16±0.86 ghi

接下表

续表 2

序号 Code	品种名称 Variety name	粗蛋白含量 Crude protein content//%	粗灰分含量 Crude ash content//%	粗脂肪含量 Crude fat content//%	中性洗涤 纤维含量 Neutral detergent fiber content	酸性洗涤 纤维含量 Acid detergent fiber content	相对饲 喂价值 Relative feeding value(RFV)
16	图牧二号	19.61±0.14 efgh	9.85±0.21 abcd	1.73±0.05 defg	49.77±0.66 bc	42.05±0.24 bcd	104.92±1.51 jkl
17	敖汉	20.61±0.15 ab	10.01±0.14 ab	1.98±0.08 ab	45.97±0.42 j	38.45±0.70 mn	119.29±2.18 b
18	肇东	19.13±0.28 ijk	8.91±0.25 k	1.88±0.05 abcde	48.21±0.91 def	40.25±0.62 ghij	111.05±2.25 fgh
19	龙牧 801	19.60±0.30 efgh	9.90±0.07 abc	1.91±0.11 abcd	46.80±0.32 hij	38.89±0.3 klmn	116.50±1.22 bcd
20	龙牧 806	19.08±0.19 jk	8.73±0.21 k	1.69±0.05 fg	49.52±1.09 bc	41.06±0.37 defg	106.96±2.84 ijkl
21	佳盛	19.75±0.37 defg	9.25±0.36 j	1.85±0.13 abcdef	46.50±0.85 ij	38.39±0.32 mn	118.03±1.98 bc
22	亮牧	20.02±0.38 cde	10.03±0.06 ab	1.72±0.16 efg	48.89±0.37 cde	41.82±1.09 bed	107.17±2.42 ijkl
23	农青 1 号	20.34±0.22 bc	9.86±0.16 abcd	1.79±0.01 cdefg	46.73±0.46 hij	39.64±0.59 hijk	115.51±1.97 cde
24	中苜 1 号	18.22±0.12 l	8.91±0.09 k	1.69±0.06 fg	50.10±0.53 ab	42.35±0.74 bc	103.82±2.14 klm
25	中苜 2 号	19.01±0.28 jk	9.32±0.21 hij	1.68±0.12 fg	49.17±0.78 bcd	41.45±0.58 cdef	107.11±1.75 ijkl
26	中苜 3 号	19.43±0.15 fghij	9.38±0.08 ghij	1.72±0.12 efg	49.01±0.19 bcde	41.71±0.32 bcd	107.07±0.54 ijkl
27	工农 1 号	19.39±0.11 fghij	9.24±0.15 j	1.85±0.03 abcdef	47.65±0.50 fgh	40.61±0.27 efg	111.80±1.23 fgh
28	沃苜 1 号	19.29±0.17 ghij	9.57±0.12 efgh	1.62±0.10 g	48.92±0.09 cde	41.6±0.14 bcde	107.42±0.02 ijk

注: 同列不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。

Note: Different lowercases in the same column indicated significant differences at 0.05 level.

**2.2 28 个紫花苜蓿品种综合评价比较** 在利用隶属函数对 28 个紫花苜蓿营养指标进行评价时, 根据粗灰分、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维与紫花苜蓿的营养品质成反比例关系采用反隶属函数公式计算隶属函数值; 粗蛋白、粗脂肪和 RFV 正比例关系, 所以用隶属函数公式计算其隶属函数值。结果表明, 表现较好的品种有 4 个, 依次为大银河、标靶、佰苜 401、敖汉, 隶属函数平均值分别是 0.78、0.79、0.80、0.72; 平

均得分在 0.50~0.70 的有 11 个品种, 依次为佳盛、拉迪诺、WL358HQ、劲 5010、龙牧 801、WL366HQ、肇东、农青 1 号、惊喜、工农 1 号、复兴 I。得分在 0.30~0.50 的共有 10 个品种, 包括维多利亚、WL363HQ、龙牧 806、苜丰、极光、中苜 3 号、中苜 2 号、亮牧、可汗、沃苜 1 号。而图牧二号、中苜 1 号、WL440HQ 得分较低, 其中 WL440HQ 在参试的 28 个紫花苜蓿品种中表现最差。

表 3 28 个紫花苜蓿品种营养指标隶属函数值比较

Table 3 Comparison of the subordinative function values of nutritional indexes of 28 varieties of *Medicago sativa*

序号 Code	品种名称 Variety name	粗蛋白 Crude protein	粗灰分 Crude ash	粗脂肪 Crude fat	中性洗 涤纤维 Neutral detergent fiber	酸性洗 涤纤维 Acid detergent fiber	相对饲 喂价值 Relative feeding value	平均值 Average
1	大银河	0.78	0.51	1	0.77	0.82	0.77	0.78
2	标靶	1	0.17	0.57	1	1	1	0.79
3	佰苜 401	0.86	0.36	0.73	0.99	0.92	0.96	0.80
4	WL358HQ	0.55	0.84	0.29	0.74	0.66	0.68	0.63
5	WL363HQ	0.42	0	0.68	0.5	0.55	0.49	0.44
6	WL366HQ	0.59	0.14	0.63	0.76	0.65	0.70	0.58
7	可汗	0.17	0.81	0.39	0.14	0.16	0.13	0.30
8	苜丰	0.53	0.46	0.66	0.27	0.20	0.25	0.39
9	惊喜	0.49	0.30	0.68	0.62	0.55	0.56	0.53
10	极光	0.67	0.1	0.49	0.47	0.19	0.33	0.37
11	拉迪诺	0.73	0.59	0.53	0.78	0.70	0.73	0.68
12	劲 5010	0.66	0.23	0.71	0.76	0.63	0.69	0.61
13	复兴 I	0.44	0.40	0.73	0.53	0.50	0.49	0.52
14	WL440HQ	0	0.82	0.03	0	0	0	0.14
15	维多利亚	0.31	0.80	0.48	0.42	0.35	0.36	0.45
16	图牧二号	0.61	0.18	0.29	0.18	0.24	0.19	0.28
17	敖汉	0.94	0.06	0.90	0.78	0.83	0.78	0.72
18	肇东	0.45	0.87	0.65	0.43	0.54	0.44	0.56
19	龙牧 801	0.60	0.15	0.73	0.65	0.76	0.66	0.59
20	龙牧 806	0.43	1	0.18	0.22	0.40	0.27	0.42
21	佳盛	0.65	0.62	0.58	0.70	0.84	0.73	0.69
22	亮牧	0.74	0.05	0.27	0.32	0.28	0.28	0.32
23	农青 1 号	0.85	0.17	0.43	0.66	0.64	0.62	0.56
24	中苜 1 号	0.14	0.86	0.19	0.13	0.19	0.14	0.28
25	中苜 2 号	0.40	0.57	0.16	0.28	0.34	0.28	0.34
26	中苜 3 号	0.55	0.52	0.27	0.30	0.30	0.27	0.37
27	工农 1 号	0.53	0.62	0.58	0.52	0.48	0.47	0.53
28	沃苜 1 号	0.50	0.38	0	0.32	0.32	0.29	0.30

### 3 讨论

不同苜蓿品种的营养品质决定牧草的经济价值。单项

营养指标各有其优劣, 因此需要综合各营养指标来判断各品种的优劣。该试验研究的营养成分包括粗蛋白质(CP)、粗

脂肪(EE)、灰分、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)。粗蛋白含量的高低直接关系到牧草营养价值的高低<sup>[12]</sup>。28个苜蓿品种粗蛋白量最高的是标靶,达20.79%,粗蛋白量最低为17.80%;粗灰分含量是粗饲料重要的指标,反映出牧草矿质元素的总体含量<sup>[13]</sup>。28个苜蓿品种粗灰分含量最高的是WL363HQ,达10.10%。粗脂肪是供给动物的能源和贮存能量的最好形式。28个苜蓿品种粗脂肪含量最高的是大银河,达2.02%,粗脂肪含量最低是沃苜1号,为1.62%。相对饲喂是粗饲料质量评定的重要指标,主要根据NDF和ADF通过公式计算得到,NDF越低代表家畜食量越高,ADF越低代表消化率越高,对应的相对饲喂价值越高。28个苜蓿品种NDF最低的是佰苜401,为44.69%,NDF含量最高的是WL440HQ,为50.92%。28个苜蓿品种ADF最低的是标靶,达37.41%,ADF含量最高的为WL440HQ,达43.53%。相对饲喂价值较好的是标靶和佰苜401。单项营养指标各有其优劣,因此需要综合各营养指标来判断各品种的优劣<sup>[13]</sup>。该试验应用隶属函数对不同品种综合性能进行评分,从中筛选出整体表现突出的品种。通过分析,大银河、标靶、佰苜401、敖汉综合表现较为优秀,可进行大面积推广种植。

#### 4 结论

在参试的28个国外引进苜蓿品种中,综合评价较好的

是大银河、标靶、佰苜401、敖汉,其中综合评价最好、相对饲喂价值表现良好的品种为大银河、佰苜401、标靶,可在兴安盟当地大面积推广应用。

#### 参考文献

- [1] 洪绂曾.苜蓿科学[M].北京:中国农业出版社,2009:334.
- [2] 孙启忠,柳茜,李峰,等.苜蓿的起源与传播考述[J].草业学报,2019,28(6):204-221.
- [3] 翟文栋,赵晓静,高婕.紫花苜蓿应用于奶牛生产的研究进展[J].黑龙江畜牧兽医,2014(1):39-41.
- [4] 陈浩.不同土壤条件下20个紫花苜蓿品种农艺性状及营养价值的比较[D].长春:东北师范大学,2017.
- [5] 朱爱民,张玉霞,王显国,等.8个苜蓿品种抗寒性的比较[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2019,47(1):45-52.
- [6] 高宪儒,李飞,惠文.不同紫花苜蓿品种在陇东地区的引种表现[J].草业科学,2016,33(4):731-738.
- [7] 韦潇,李小梅,曾泰儒,等.5个紫花苜蓿品种在川中丘陵地区的适应性[J].草业科学,2020,37(2):339-347.
- [8] 武文莉,李春阳,刘慧霞.玉门地区主要引进紫花苜蓿品种综合性状评价[J].草业科学,2020,37(8):1558-1567.
- [9] 申晓慧,冯鹏,张华,等.不同紫花苜蓿品种在佳木斯地区生长及生产特性研究[J].安徽农业科学,2014,42(11):3299-3300.
- [10] 韩瑞宏,赵大华,陈晶晶,等.不同苜蓿种质资源苗期耐热性综合评价[J].中国草地学报,2015,37(3):48-54.
- [11] 赵禹臣,孟庆翔,参木有,等.西藏高寒草地冷季牧草的营养价值和养分提供量分析[J].动物营养学报,2012,24(12):2515-2522.
- [12] 胡华锋,介晓磊,郭孝,等.基施晒肥对不同生育期紫花苜蓿营养含量及分配的影响[J].草地学报,2014,22(4):871-877.
- [13] 李德明,张少平,耿小丽,等.12个紫花苜蓿品种在半干旱地区的生产性能及营养价值[J].草业科学,2018,35(6):1472-1479.

(上接第26页)

- [41] 裴亮,张体彬,赵楠,等.有机磷农药降解方法及应用研究新进展[J].环境工程,2011,29(S1):273-277,174.
- [42] BENDING G D, FRILLOUX M, WALKER A. Degradation of contrasting pesticides by white rot fungi and its relationship with ligninolytic potential[J]. FEMS microbiology letters, 2002, 212(1):59-63.
- [43] 陈振德,汪东风,王文娇,等.海藻多糖稀土配合物对蔬菜有机磷农药残留的降解作用[J].生态毒理学报,2008,3(2):183-188.
- [44] 高慢慢,白俊岩,孙磊,等.有机磷水解酶对不同有机磷农药降解功效的评价[J].江苏农业科学,2019,47(8):217-220.
- [45] 隋程程,尤祥伟,李义强,等.叶面肥对烟叶中4种杀虫剂残留降解的影响[J].中国烟草科学,2017,38(4):70-75.
- [46] 吴昊,汪东风,张宾,等.壳聚糖稀土复合物涂膜对黄瓜保鲜及降农残的效果研究[J].中国海洋大学学报(自然科学版),2006,36(S2):51-56.
- [47] BHATT P, BHATT K, HUANG Y H, et al. Esterase is a powerful tool for the biodegradation of pyrethroid insecticides[J]. Chemosphere, 2020, 244: 1-14.
- [48] HORNE I, HARCOURT R L, SUTHERLAND T D, et al. Isolation of a

*Pseudomonas montelli* strain with a novel phosphotriesterase[J]. Microbiology letters, 2002, 206(1):51-55.

- [49] RICHINS R D, MULCHANDANI A, CHEN W. Expression, immobilization, and enzymatic characterization of cellulose-binding domain-organophosphorus hydrolase fusion enzymes[J]. Biotechnology and bioengineering, 2000, 69(6):591-596.
- [50] SCHOFIELD D A, DINOVO A A. Generation of a mutagenized organophosphorus hydrolase for the biodegradation of the organophosphate pesticides malathion and demeton-S[J]. Journal of applied microbiology, 2010, 109(2):548-557.
- [51] SOGORB M A, VILANOVA E. Enzymes involved in the detoxification of organophosphorus, carbamate and pyrethroid insecticides through hydrolysis[J]. Toxicology letters, 2002, 128(1/2/3):215-228.
- [52] JIANG J D, ZHANG R F, LI R, et al. Simultaneous biodegradation of methyl parathion and carbofuran by a genetically engineered microorganism constructed by mini-Tn5 transposon[J]. Biodegradation, 2007, 18(4):403-412.
- [53] LAN W S, GU J D, ZHANG J L, et al. Coexpression of two detoxifying pesticide-degrading enzymes in a genetically engineered bacterium[J]. International biodegradation and biodegradation, 2006, 58(2):70-76.

(上接第32页)

- [13] 成臣,曾勇军,王祺,等.氮肥运筹对南方双季晚粳稻产量及品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2018,24(5):1386-1395.
- [14] 陈海飞,冯洋,蔡红梅,等.氮肥与移栽密度互作对低产水稻群体结构及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(6):1319-1328.
- [15] 冯洋,陈海飞,胡孝明,等.高、中、低产水稻适宜施氮量和氮肥利用率的研究[J].植物营养与肥料学报,2014,20(1):7-16.
- [16] 李录久,王家嘉,吴萍萍,等.秸秆还田下氮肥运筹对白土田水稻产量和氮吸收利用的影响[J].植物营养与肥料学报,2016,22(1):254-262.
- [17] 蒋鹏,熊洪,朱永川,等.施氮量和氮肥运筹模式对糯稻养分吸收积累和氮肥利用率的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2016,42(4):349-353.
- [18] 蒋李健,郭程辉,周燕.“申优26”不同穗肥施用方法试验初探[J].上海

农业科技,2019(1):89-90.

- [19] 沈士博,盛海安,蒋李健,等.不同机穴播密度对“申优26”生长及产量的影响试验初报[J].上海农业科技,2019(3):42-43.
- [20] 范晶晶,丁安强,樊佳樱.“申优系”水稻展示试验初报[J].上海农业科技,2019(6):34,37.
- [21] 石庆华,潘晓华,黄英金,等.“江西双季稻丰产高效技术集成与示范”项目的实施效果分析[J].江西农业大学学报,2005,27(3):371-373.
- [22] SUI B, FENG X M, TIAN G L, et al. Optimizing nitrogen supply increases rice yield and nitrogen use efficiency by regulating yield formation factors[J]. Field crops research, 2013, 150:99-107.
- [23] 林洪鑫,潘晓华,石庆华,等.施氮量与栽插密度对超级早稻中早22产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2011,17(1):22-28.
- [24] 金芝辉,王起,柴有忠.氮肥用量和移栽密度对水稻甬优1540产量和经济性状的影响[J].安徽农业科学,2019,47(8):39-41.