

施氮对高丹草产量及氮素利用分配的影响

韩娟, 刘大林, 赵国琦, 杨跃霞, 王小山

(扬州大学动物科学与技术学院草业科学专业, 江苏 扬州 225009)

摘要: 试验通过 N_0 、 N_{90} 、 N_{180} 、 N_{270} 、 N_{360} 5 个施氮处理, 采取随机区组设计, 研究了江苏扬州地区不同氮肥施用量对高丹草 *Sorghum hybrid* 株高、茎叶比、产量及其不同器官的氮素分配的影响, 并对其经济效益进行核算。试验结果表明: 施氮肥可明显增加高丹草种植的经济效益, 2008 年增收最高达 6 046 元/hm²; 产量与株高均随着施氮量的增加而增加, 第 1 茬在处理 N_{360} 最高, 第 2 茬和第 3 茬在处理 N_{270} 时最高, 而施肥对茎叶比的作用主要在第 2 茬; 高丹草植株全氮多集中在叶片, 高氮处理大于低氮处理, 不同器官的全氮含量叶片 > 全株 > 茎 > 叶鞘。

关键词: 高丹草; 施氮; 株高; 产量; 全氮; 经济效益

中图分类号: S544⁺.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2010)03-0093-05

高丹草 *Sorghum hybrid* 是由饲用高粱和苏丹草自然杂交形成的一年生禾本科牧草, 其再生和分蘖能力强, 分枝多, 可多次刈割利用, 饲用价值高, 在生产中得到了广泛的应用^[1-3]。氮肥是影响禾本科牧草产量的关键因素, 施氮肥可增加禾本科牧草产量。提高单位面积产量增加经济效益, 是促进高丹草优质高产及产业化发展的重要途径之一。由于对高丹草施肥的研究较晚, 研究不够系统深入, 在许多问题上还存在争议。特别是在长江中下游地区施氮肥对高丹草产量和氮素分布影响的研究尚未见报道。因此, 针对当前南方高丹草生产中存在的产量低、施氮不合理等问题, 探讨施氮对高丹草产量及氮素分布的影响, 对我国高丹草优质高产和产业化有重要意义。本试验通过不同水平的施氮量对高丹草产量以及植株内不同器官氮素分布的影响进行研究, 并分析其经济效益, 为扬州地区高丹草生产提供最佳施肥方案和科学依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况 试验地位于江苏省扬州大学实验农牧场, 该地区处于江苏中部, 长江北岸, 江淮平原南端。现辖区域为东经 119° 01' ~ 119° 54', 北纬 32° 15' ~ 33° 25'。属于亚热带湿润气候, 年平均气温 15.6 ~ 16.1 °C, 7 月最热, 平均气温为 28.5 °C。1 月最冷, 平均气温为 1.2 °C。

无霜期 225 d。年降水量 965.6 mm 左右, 多数年份从 6 月中旬到 7 月中旬形成雨季(即“梅雨季节”)。海拔 4~8 m, 常年气候温和。

试验土壤为砂壤土, 土壤碱解氮为 100.6 mg/kg, 速效磷为 36.4 mg/kg, 速效钾为 89.0 mg/kg, 有机质为 1.3%, 全氮 0.13%, 前茬作物为小麦 *Triticum aestivum*。

1.2 试验材料

高丹草品种: 超级 2 号, 由江苏省丹农种业有限公司提供。

肥料: 尿素(CON₂H₄), 含氮量 46.6%, 由扬州大学试验农场提供。

1.3 试验设计 试验分 N_0 (0)、 N_{90} (90 kg/hm²)、 N_{180} (180 kg/hm²)、 N_{270} (270 kg/hm²)、 N_{360} (360 kg/hm²) 5 个施氮水平处理, 其中 N_0 为对照(CK), 每个处理重复 4 次。共 20 个小区, 小区面积 13 m × 3 m, 小区间距 20 cm, 采用随机区组排列。南、北试验地头处设保护行。

1.4 栽培管理 于 2008 年 6 月 9 日播种, 条播, 行距 35 cm, 播深 1.5~4.0 cm。播种量 45

①收稿日期: 2009-06-14

基金项目: 2007 年公益性行业(农业)科研专项资助项目(ny-hyxx07-022)

作者简介: 韩娟(1984-), 女, 河南新乡人, 在读硕士生, 研究方向为牧草栽培与利用。

E-mail: keerdoudou@163.com

通信作者: 王小山 E-mail: wanggrass@163.com

kg/hm²,每小区播种量 180 g,每个小区播种 8 行,每行播种量为 22.5 g。基肥施用过磷酸钙 300 kg/hm²,氯化钾 270 kg/hm²。整个生长季节施肥 3 次,分为种肥和 2 次刈割追肥,其中种肥施用量为每个处理总氮量的 25%,追肥为每个处理总氮量的 37.25%,高丹草生长期间不进行任何灌溉措施^[4]。

1.5 测定项目

1.5.1 产量 分别于 2008 年 7 月 21 日、9 月 4 日、10 月 20 日刈割,在刈割前各小区内随机选取 10 株测其绝对高度,然后小区中间取 60 cm×60 cm 的样方,以 20 cm 的留茬刈割,测其鲜质量,随机称取鲜草 1 kg,荫干测其茎叶比。

1.5.2 植株全氮 将 1 kg 高丹草鲜草带回实验室,为避免鲜草含水量下降,尽快将茎、叶片、叶鞘剥离开,装入信封,称其鲜质量,然后在烘箱内 105℃下杀青 2 h 后,温度降至 70℃烘干,称量,再

分别记录茎、叶、叶鞘的干质量。最后将烘干至恒量的茎、叶、叶鞘用微型粉草机打成草粉,装入自封袋,放入 4℃冰箱低温保存。采用 H₂SO₄-H₂O₂ 法消煮样品,GB2905-82 半微量凯氏定氮法测定高丹草叶片、叶鞘、茎和全株中的全氮含量。

1.5.3 经济效益核算 以 2008 年市场价格计算经济效益。

1.6 统计分析和数据处理 数据先采用 Excel 软件处理,再用 SPSS11.5 软件进行单因素方差分析,多重比较采用 Duncan's 方法。

2 结果与分析

2.1 施氮肥对高丹草株高的影响 由表 1 可见,施氮肥对高丹草生长有明显的促进作用,增加其株高;在处理 N₃₆₀ 时,第 1 茬最高,高出对照 8.59%;第 2 茬和第 3 茬在处理 N₂₇₀ 时最高,分别高出对照 17.37%和 14.5%。

表 1 不同施氮量对高丹草株高的影响

| 处理 | 第 1 茬 | | 第 2 茬 | | 第 3 茬 | |
|------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|
| | 株高(cm) | 高出对照(%) | 株高(cm) | 高出对照(%) | 株高(cm) | 高出对照(%) |
| CK | 178.10 | — | 182.75 | — | 150.00 | — |
| N ₉₀ | 185.35 | 4.07 | 201.75 | 10.40 | 153.75 | 2.5 |
| N ₁₈₀ | 187.10 | 5.05 | 211.75 | 15.87 | 165.75 | 10.5 |
| N ₂₇₀ | 183.45 | 3.00 | 214.50 | 17.37 | 171.75 | 14.5 |
| N ₃₆₀ | 193.40 | 8.59 | 210.00 | 14.91 | 161.25 | 7.5 |

2.2 施氮肥对高丹草茎叶比^[5-6]的影响 由图 1 可见,施氮肥对高丹草茎叶比有一定作用,且均高于对照。其中第 2 茬显著高于第 1 茬和第 3 茬。

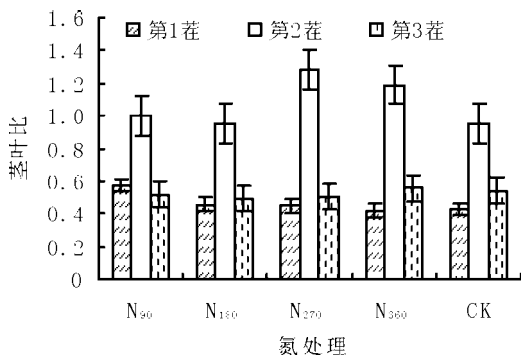


图 1 高丹草茎叶比随施氮量变化情况

2.3 氮肥施用量对高丹草产量^[7]的影响 由图 2 可见,施氮 90 kg/hm² 时,高丹草的鲜草产量达到 126 838 kg/hm²;施氮 180 kg/hm² 时,高

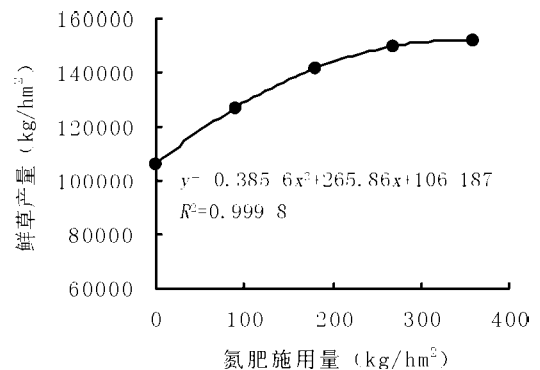


图 2 施氮量与高丹草鲜草产量的关系

丹草产量为 141 619 kg/hm², 与 90 kg/hm² 施氮量相比, 产量增加 14 781 kg/hm², 其增产幅度为 11.65%。当施氮 270 kg/hm² 时, 高丹草鲜草产量达到 149 912 kg/hm², 与施氮 180 kg/hm² 相比较, 施氮量增加 2 倍, 而高丹草鲜草产量仅增加 8 293 kg/hm², 增产幅度仅为 5.86%。当施氮量达到最大值 360 kg/hm² 时, 高丹草鲜草产量也达到最大值 151 878 kg/hm², 与 270 kg/hm² 施氮量相比, 其鲜草产量增加了 2 814 kg/hm², 增产幅度 1.88%。

由表 2 所示, 施氮肥有显著的增产^[8-9]作用, 各施肥处理鲜草产量均显著高于对照^[10-11], 年总产量均高于对照 19.38% 以上, 其中施氮 360 kg/hm² 时产量最高达 15 178 kg/hm²。N₉₀、N₁₈₀、N₂₇₀、N₃₆₀ 4 个处理与对照相比, 鲜草年产在 0.05 的水平上呈显著差异。N₃₆₀ 处理产量显著高于其他处理, 但是与 N₂₇₀ 处理差异不显著。第 1 茬在施 360 kg/hm² 时增产效果最好, 第 2 茬和第 3 茬在施 270 kg/hm² 时最好, 由于第 1 茬的产量占全年产量的比重较大, 故年总产量在施 360 kg/hm² 时最高, 即氮肥对高丹草的增产作用主要在第 1 茬。

表 2 不同氮肥处理对高丹草鲜草产量的影响

| 处理 | 第 1 茬 (kg/hm ²) | 第 2 茬 (kg/hm ²) | 第 3 茬 (kg/hm ²) | 合计 (kg/hm ²) | 增产 (%) |
|------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|-----------|
| CK | 54 472 | 34 184 | 17 596 | 106 251 _a | — |
| N ₉₀ | 57 737 | 47 124 | 21 976 | 126 838 _b | 19.38 |
| N ₁₈₀ | 58 571 | 55 934 | 27 114 | 141 619 _{bc} | 33.29 |
| N ₂₇₀ | 60 152 | 56 626 | 33 135 | 149 912 _c | 41.09 |
| N ₃₆₀ | 65 224 | 55 556 | 31 947 | 151 878 _c | 43.74 |

注: 同列数据后不同的小写字母表示不同处理间差异显著 ($P < 0.05$)。

2.4 不同施氮量对高丹草植株不同器官的氮素分配^[12-13]的影响 不同施氮水平对高丹草不同器官的全氮含量的影响见表 3。N₉₀、N₁₈₀、N₂₇₀、N₃₆₀ 4 个氮肥处理对植株不同器官的全氮含量的影响差异显著, 而且均高于对照。在叶片、茎、全株中, N₂₇₀ 处理的作用显著高于其他处理; 而叶鞘中, N₃₆₀ 处理的作用显著高于其他处理。不同茬次的叶片中各个施氮处理的效应是不同的, 第 1 茬: N₉₀ > N₁₈₀ > N₂₇₀ > N₃₆₀; 第 2 茬: N₂₇₀ > N₃₆₀ > N₁₈₀ > N₉₀; 第 3 茬: N₉₀ > N₂₇₀ > N₃₆₀ > N₁₈₀。不同茬次的叶鞘和茎中各个施氮处

表 3 施氮量对高丹草植株不同部位的全氮含量的影响

| 茬次 | 处理 | 叶片 | 叶鞘 | 茎 | 全株 |
|-------|------------------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| 第 1 茬 | CK | 2.207 0 ± 0.18 _{aA} | 0.919 1 ± 0.06 _{abC} | 1.489 7 ± 0.22 _{efgB} | 2.185 8 ± 0.08 _{cdeA} |
| | N ₉₀ | 2.887 2 ± 0.27 _{bA} | 1.116 9 ± 0.05 _{bcdC} | 1.416 7 ± 0.82 _{efgC} | 2.146 2 ± 0.19 _{cdeB} |
| | N ₁₈₀ | 2.790 7 ± 0.13 _{abA} | 0.931 1 ± 0.16 _{abC} | 1.348 3 ± 0.11 _{defgBC} | 1.878 9 ± 0.31 _{cdeB} |
| | N ₂₇₀ | 2.765 5 ± 0.16 _{abA} | 1.393 5 ± 0.16 _{dB} | 1.741 4 ± 0.22 _{fgB} | 2.318 8 ± 0.18 _{deA} |
| | N ₃₆₀ | 2.729 9 ± 0.20 _{abA} | 1.432 5 ± 0.09 _{dC} | 1.781 8 ± 0.09 _{gC} | 2.256 9 ± 0.14 _{deB} |
| 第 2 茬 | CK | 2.246 4 ± 0.08 _{aA} | 0.719 2 ± 0.04 _{aC} | 0.712 0 ± 0.02 _{abC} | 1.189 3 ± 0.12 _{aB} |
| | N ₉₀ | 2.429 0 ± 0.17 _{abA} | 0.796 0 ± 0.05 _{abC} | 0.553 6 ± 0.05 _{aC} | 1.276 0 ± 0.22 _{abB} |
| | N ₁₈₀ | 2.636 0 ± 0.10 _{abA} | 1.113 0 ± 0.12 _{bcdC} | 0.809 0 ± 0.14 _{abcC} | 1.641 0 ± 0.13 _{abcB} |
| | N ₂₇₀ | 2.900 8 ± 0.12 _{bA} | 1.440 2 ± 0.04 _{dC} | 1.143 1 ± 0.19 _{bcdE} | 2.038 8 ± 0.04 _{cdeB} |
| | N ₃₆₀ | 2.882 3 ± 0.05 _{bA} | 1.276 7 ± 0.19 _{cdBC} | 0.910 0 ± 0.08 _{abcdC} | 1.857 4 ± 0.31 _{cdeB} |
| 第 3 茬 | CK | 2.619 3 ± 0.18 _{abA} | 0.902 1 ± 0.11 _{abC} | 1.228 8 ± 0.24 _{cdeBC} | 1.745 8 ± 0.21 _{bcdB} |
| | N ₉₀ | 3.009 5 ± 0.11 _{bA} | 0.980 7 ± 0.04 _{abcC} | 1.227 8 ± 0.13 _{cdeC} | 2.332 0 ± 0.10 _{deB} |
| | N ₁₈₀ | 2.611 7 ± 0.19 _{abA} | 0.945 6 ± 0.05 _{abC} | 1.139 7 ± 0.07 _{bcdE} | 1.960 0 ± 0.14 _{cdeB} |
| | N ₂₇₀ | 2.984 1 ± 0.22 _{bA} | 1.295 1 ± 0.04 _{cdC} | 1.316 5 ± 0.09 _{defC} | 2.231 0 ± 0.10 _{cdeB} |
| | N ₃₆₀ | 2.698 8 ± 0.28 _{abB} | 1.322 8 ± 0.07 _{dA} | 1.261 8 ± 0.06 _{cdeA} | 2.444 2 ± 0.18 _{eB} |

注: 同列数据后不同的小写字母表示同一器官不同施氮处理 5% 水平差异显著, 同行数据后不同的大写字母表示同一施氮处理不同器官 5% 水平差异显著。

理的效应,第1茬: $N_{360} > N_{270} > N_{90} > N_{180}$;第2茬: $N_{270} > N_{360} > N_{180} > N_{90}$;第3茬: $N_{360} > N_{270} > N_{90} > N_{180}$ 。

在同一施氮处理下,植株不同器官的全氮含量有所不同^[8-9]。叶片、叶鞘、茎和全株的全氮含量方差分析结果显著,叶片和全株中的全氮含量明显高于叶鞘和茎;第1茬与第3茬高丹草植株,叶片>全株>茎>叶鞘;而第2茬高丹草植株,叶片>全株>叶鞘>茎。

2.5 高丹草生产施肥经济效益^[14]核算 研究表明,不同水平的氮肥处理均可提高高丹草种植经济效益,施氮量越高,净增收就越多(表4)。施氮 360 kg/hm^2 的净增收为最大,达到 $6\,046 \text{ 元/hm}^2$ 。施氮 90 kg/hm^2 时,净增收达到 $2\,946 \text{ 元/hm}^2$;增加2倍的施氮量,净增收为 $4\,964 \text{ 元/hm}^2$,而增加3倍的施氮量,净增收达到 $5\,943 \text{ 元/hm}^2$ 。

表4 不同氮肥处理高丹草种植经济效益核算

| 处理 | 增加投入 | 增收 | 净增收 |
|-----------|-------|-------|-------|
| CK | — | — | — |
| N_{90} | 348 | 3 294 | 2 946 |
| N_{180} | 695 | 5 659 | 4 964 |
| N_{270} | 1 043 | 6 986 | 5 943 |
| N_{360} | 1 391 | 7 436 | 6 046 |

注:尿素价格以2008年市场价1 800元/t计算;高丹草鲜草以2008年市场价0.16元/kg计算。

3 讨论与结论

在同一氮肥处理下,不同茬次最高产量出现在不同施量下,可能高丹草在不同茬次对养分的需求量是不同的,这一问题有待进一步研究。

施氮肥可明显增加高丹草产量,提高其经济效益^[15],最高达 $6\,046 \text{ 元/hm}^2$ 。产量变化规律与株高的变化基本一致,即随施氮量的增加产量也增加,说明株高是构成产量的主要经济性状之一。

不同施氮处理时,高丹草植株不同器官的全氮含量的差异显著,不同茬次的植株同一个生长部位出现在不同的施氮量下^[16];在同一施氮处理下,植株不同器官的全氮含量有所不同,叶片和全株中的全氮含量显著高于叶鞘和茎,即氮素分配

多集中在叶(包括叶鞘和叶片)中,茎中相对较少。

参考文献

- [1] Pedersen J F, Toy J J. Forage yield, quality and fertility of sorghum \times sudan grass hybrids in A¹ and A³ cytoplasm [J]. Crop Science, 1997, 37: 1973-1975.
- [2] 孟钢. “先锋”高丹草——饲用高粱和苏丹草杂交品种[J]. 世界农业, 2003(6): 29-31.
- [3] 苏爱莲. 最新优质饲草——高丹草[J]. 草业科学, 2002, 19(2): 47-49.
- [4] 谢楠, 赵海明, 刘贵波, 等. 春播高丹草在河北低平原区的播期效应研究[J]. 草业科学, 2007, 24(6): 36-39.
- [5] 张杰, 贾志宽, 韩清芳. 不同养分对苜蓿茎叶比和鲜干比的影响[J]. 西北农业学报, 2007, 16(4): 121-125.
- [6] 田玉民, 龚月生. 刈割期对紫花苜蓿叶粉营养成分含量、茎叶比的影响[J]. 家畜生态学报, 2006, 7(4): 86-88.
- [7] 袁福锦, 周自玮, 罗在仁, 等. 不同施氮水平对象草生产性能的影响[J]. 草业科学, 2006, 23(11): 46-49.
- [8] 李小坤, 李文西, 鲁剑巍, 等. 苏丹草干物质积累及养分吸收规律的研究[J]. 草业科学, 2007, 24(6): 32-35.
- [9] 罗天琼, 刘正书, 莫本田, 等. 草产量与土壤养分变化的关系分析[J]. 中国草地, 1998(2): 29-32.
- [10] 丁成龙, 顾洪如, 白淑娟, 等. 不同施肥量、密度对美洲狼尾草产量的影响[J]. 中国草地, 1999(5): 12-14.
- [11] 吴姝菊. 刈割次数与施肥水平对高丹草产量和品质的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2006(6): 36-38.
- [12] 章建新, 倪丽, 翟云龙. 施氮对高产春大豆氮素吸收分配的影响[J]. 大豆科学, 2005(1): 15-18.
- [13] 史占忠. 大豆植株全氮磷钾含量分析[J]. 大豆科学, 1989(4): 19-22.
- [14] 陈勇, 罗富成, 毛华明, 等. 施肥水平和不同株高刈割对王草产量和品质的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(2): 16-19.
- [15] 李楠, 宋建国, 刘伟, 等. 草原施肥对牧草产量和质量的作用及其经济效益分析[J]. 草业学报, 2001, 10(2): 16-18.
- [16] 李新旺, 门明新, 王树涛, 等. 长期施肥对华北平原潮土作物产量及农田养分平衡的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(1): 9-16.

Effects of fertilizer N on yield and distribution of nitrogen of *Sorghum hybrid* and accounting on the economic benefit

HAN Juan, LIU Da-lin, ZHAO Guo-qi, YANG Yue-xia, WANG Xiao-shan

(Animal Science and Technology College, Yangzhou University, Jiangsu Yangzhou 225009, China)

Abstract: Based on the randomized block design for five nitrogen fertilizer levels of N_0 , N_{90} , N_{180} , N_{270} , N_{360} . Effects of fertilizer N on the height, the stem/leaf, yield and the organic distribution of nitrogen on *Sorghum hybrid* in Yangzhou region of Jiangsu province were studied, at the same time the economic benefit was accounted. The results indicated that application of nitrogen fertilizer increased the economic benefit significantly. The highest increase was 6 046 yuan/hm² in 2008. The yield and plant height increased with the increase of nitrogen fertilizer, the fertilizer of N_{360} was the largest amount in the first crop and the fertilizer of N_{270} was the largest amount in the second and third crop. However, the effects of the nitrogen fertilizer on the stem/leaf mostly perform the 2nd harvest stage. The total nitrogen of *S. hybrid* concentrated mostly on the leaf, and the high fertilizer N treatment was larger than the low fertilizer N. The contents of total nitrogen in different organs varied as the leaf > the whole plant > stem > sheath.

Key words: *Sorghum hybrid*; nitrogen fertilizer; plant height; yield; total nitrogen; economic benefit

(上接 92 页)

本期出现的植物和动物种名

植物:

篱天剑 *Calystegia sepium*

麻花苳 *Gentiana straminea*

马蹄金 *Dichondra repens*

美丽风毛菊 *Saussurea pulchra*

苜蓿 *Medicago sativa*

浩草 *Koeleria cristata*

青海固沙草 *Orinus kokonorica*

青海苔草 *Carex moorcroftii*

青海早熟禾 *Poa* spp.

全缘叶绿绒蒿 *Meconopsis integrifolia*

乳白香青 *Anaphalis lactea*

三裂叶豚草 *Ambrosia trifida*

莎草 *Cyperus microiria*

双叉细柄茅 *Ptilagrostis dichotoma*

苏丹草 *Sorghum sudanense*

苔草 *Carex ivanovae*

唐古拉苔草 *Carex tangulashanensis*

土荆芥 *Chenopodium ambrosioides*

西伯利亚蓼 *Polygonum sibiricum*

西兰花 *Brassica oleacea*

香蕉 *Musa nana*

小麦 *Triticum aestivum*

萝卜 *Raphanus sativus*

马尿泡 *Przewalskia tangutica*

毛茛 *Ranunculus japonicus*

墨西哥玉米 *Zea mexicana*

女苑 *Turczanianowia fastigiata*

荞麦 *Fagopyrum esculentum*

青海棘豆 *Oxytropis* spp.

青海野青茅 *Deyeuxia kokonorica*

青蒿 *Artemisia carvifolia*

柔软紫苑 *Aster flaccidus*

瑞苓草 *Saussurea nigrescens*

三叶鬼针草 *Bidens pilosa*

湿生扁雷 *Gentianopsis paludosa*

水稻 *Oryza sativa*

梭梭 *Haloxylon ammodendron*

太白细柄茅 *Ptilagrostis concinna*

甜瓜 *Cucumis melo*

土牛膝 *Achuranthes aspera*

西藏棱子芹 *Pleurospermum hookeri*

细叶亚菊 *Ajania tenuifolia*

向日葵 *Helianthus annuus*

小米草 *Euphrasia pectinata*

(下转 111 页)