

玉米生长后期不同去叶组合收获粗饲料研究

王敏玲¹, 孙海霞², 周道玮¹

(1. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012;

2. 中国科学院 东北地理与农业生态研究所 黑龙江 哈尔滨 150081)

摘要: 为解决东北农牧交错区夏秋季饲草短缺问题, 在玉米乳熟至完熟期间, 对玉米植株进行不同组合方式的去叶以收获叶片做粗饲料进行了研究。结果表明: 随着生育期的延长, 在某些阶段去叶不降低籽粒产量, 并且可获得相当于 1~2 hm² 草地饲草的生产量。同时, 收获的粗饲料的粗蛋白、消化率和代谢能都维持在相对较高的水平, 粗蛋白含量为 5.01%~8.48%, 干物质体外消化率为 53.43%~64.65%, 代谢能在 6.84~8.51 MJ/kg。在东北农牧交错区, 玉米生长后期去叶可以作为收获粗饲料的途径。

关键词: 玉米; 去叶; 优质粗饲料; 籽粒产量

中图分类号: S513.01 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0137-06

Research on Roughage Harvested by Defoliation at Late Growth Stage of Corn

WANG Min-ling¹, SUN Hai-xia², ZHOU Dao-wei¹

(1. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China;

2. Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Haerbin 150081, China)

Abstract: The roughage harvested from corn by different combinations of defoliation was studied during milk ripe and full ripe stage for solving feed shortage of the ecotone between agriculture and animal husbandry in North-east China during summer and autumn. The results showed that defoliation (cutting the top) at some stages could not reduce grain yield, and could harvest much forage, which was about equivalent to forage yield of 1-2 hectares grassland. Meanwhile, the concentrations of crude protein and metabolizable energy and digestibility of harvested roughage were maintained at a relatively high level. The content crude protein was 5.01%~8.48% DM, in vitro dry matter digestibility ranged from 52.74% to 64.65% DM, metabolizable energy concentration was between 6.84~8.51 MJ/kg DM. Defoliation at late growth stage of corn can offer high quality roughage for the ecotone between agriculture and animal husbandry in Northeast China.

Key words: Corn; Defoliation; High quality roughage; Grain yield

东北农牧交错区的牲畜在秋冬和早春季节广泛放牧于草地, 夏季放牧于路旁和有限的放牧地, 夏秋之交饲草料不足, 成为本地区草地畜牧业发展的制约瓶颈。

东北农牧交错区, 特别是吉林西部, 玉米为主要粮食作物, 种植比例大。吉林省每年玉米籽粒产量稳定在 $1\,000 \times 10^4$ t 左右, 秸秆产量 $1\,000 \times 10^4$ t 以上, 秸秆资源丰富^[1]。秸秆可以作为饲料利用, 但其基本利用方式是在收获玉米籽粒后, 立地风干、上垛, 供冬季和早春利用; 夏季由于雨淋导致霉变, 后

期不再利用; 秸秆霉变后, 营养价值极大降低, 也不能再利用。另外, 由于东北农牧交错区草地面积比例小, 其中部分被保护为割草场, 导致在夏秋季饲草料严重短缺, 牲畜发展受到限制, 即使冬季有大量的秸秆可以利用作为粗饲料, 但是没有基础牲畜, 秋季收获的秸秆也不能充分利用, 导致夏秋季饲料短缺, 影响了东北农牧交错区草地畜牧业的发展。

玉米植株的生长及籽粒的形成, 均与叶片的光合作用密不可分。叶片的光合作用在籽粒的成熟期发挥着重要的作用, 但不同部位的叶片对籽粒的贡

收稿日期: 2011-04-11

基金项目: 国家自然科学基金项目(30970493)

作者简介: 王敏玲(1982-), 女, 黑龙江绥化人, 硕士, 主要从事农业生态方向研究。

通讯作者: 周道玮(1963-), 男, 山东青岛人, 研究员, 博士, 博士生导师, 主要从事草地生态方向的研究。

献不同,靠近穗棒的叶片对籽粒的贡献最大;其次是上部叶片,下部叶片对籽粒贡献最小^[2]。玉米去叶研究有过一些报道,但多为玉米生长发育早期去叶。胡寅华^[3]发现,玉米吐丝后不同程度去叶处理对产量影响不同,去叶越早减产越严重,早期去叶的时期、强度、位置等对籽粒产量有重要影响^[4]。对于玉米在乳熟至完熟期,玉米去叶的研究未见报道。籽粒发育后期,尚未完全成熟时,叶片仍然为青绿色,作为饲料营养价值很高。假设去除对籽粒生长贡献小的叶片,可能会对籽粒产量的影响较小,甚至由于叶片本身的补偿生长作用对籽粒产量没有影响或有对籽粒产量提高的作用。在保证籽粒产量不降低的情况下,本试验尝试在籽粒乳熟期至完熟期间对玉米植株进行不同组合的去叶处理,收获粗饲料,缓解农牧交错地区夏秋季饲料短缺,为东北农牧交错区粗饲料生产探索新的途径。

1 材料和方法

1.1 试验区的自然概况

试验于2007年、2008年进行,试验地点设在中国科学院长岭草地农牧生态研究站。中国科学院长岭草地农牧生态研究站位于东北农牧交错带的东端,地处44°33'N,123°31'E,海拔145 m。属于温带半湿润半干旱温带大陆性季风气候。年均温4.9℃,≥10℃积温2 920℃,无霜期140~160 d,年日照时数2 800 h。年降水量300~500 mm,集中在6~9月,占总降水量的70%。年蒸发量1 600.2 mm,年蒸发量约是降水量的3.5倍。地带性土壤为黑钙土,农田为风沙土草甸盐碱土,pH约为7.5~9。植被类型有榆树疏林、羊草草原、狼针草+线叶菊草原、大针茅草原和盐生群落。其中以羊草草原分布最广。

1.2 试验处理

2007年供试玉米(*Zea mays* L.)品种为平安11(中熟品种),于4月25日播种,试验处理从玉米的乳熟中期(8月23日)开始,分8个试验小区,小区面积100 m²,8次取样,每次取样在一个小区内进行。试验分为6个处理:以穗位叶为零点,向上留1个叶,从靠近此叶的叶环处剪断植株的顶端(包括茎、叶、雄穗),此处理记作u₁;向下留1个叶,将其他的叶(包括叶片、叶鞘)摘掉,此处理记作d₁;以同样的方式向上留2个叶,向下留两个叶及向上向下各留1个叶,各留2个叶进行处理,分别记作u₂、d₂、u₁d₁、u₂d₂。不同处理之间设保护行(与试验组相同的处理但不取样)。每个处理随机选取20株玉米。

每5 d 1次,间隔时间为4 d 9月27日取样结束。

将去叶收获的秸秆带回实验室,每个处理所收获的秸秆随机取出5株立即在105℃烘箱中杀青30 min,降至80℃烘干至恒重,称重后混合粉碎用于营养测定,其余秸秆80℃烘干至恒重,用于生物量的测定。10月4日取回所有处理植株的穗棒,以及对对照组的穗棒(每2个小区之间未处理的穗棒作为该2个小区处理组的共同对照)。玉米穗棒阴凉处放置10 d后,籽粒65℃烘干至恒重。用精度为0.01 g的感应天平称量每株收获秸秆的产量、玉米籽粒的产量。

2008年供试玉米品种为郑单958(中熟品种),于5月2日播种。试验处理从玉米的乳熟后期(8月18日)开始,随机区组设计,3个小区,小区面积100 m²,每个小区的每个处理取5株,3次重复。间隔时间约7 d 9月24日结束。去叶处理方法同上,并设保护行(同上)。测定收获秸秆的生物量。10月1日收回所有处理植株的穗棒,以及在每个小区的间隔处取未处理的临近的玉米植株的穗棒用作对照。玉米穗棒阴凉处放置10 d后,置于烘箱65℃烘干至恒重,测定每株玉米籽粒产量。

2年试验样地,均同大田管理,株距为40 cm,行距为65 cm。根据株距与行距,以每公顷可种植38 462株玉米计算籽粒及秸秆饲料的产量。

1.3 化学分析

营养测定方法:使用凯氏定氮仪(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator)测定粗蛋白含量;使用Foss半自动纤维素分析系统Fibertec M6,采用范氏法(Van Soest)^[5]测定中性洗涤纤维(NDF)、中性洗涤纤维(ADF)。使用美国parr-4281半自动氧弹热量计(Bomb Calorimeter)测定总能(GE);应用纤维素酶-胃蛋白酶两级离体消化法测体外干物质消化率,酶的选择与溶液的配制参照De Boever^[6]测定有机物消化率(IVDOMD),测定步骤及方法参照卢德勋^[7]两级离体消化法测定干物质消化率的方法。应用1965年ARC提供的方法计算代谢能:ME = GE × IVDMD × 0.815(式中,ME为代谢能,GE为总能,IVDMD为体外干物质消化率);饲料粗蛋白总量(kg/hm²) = 饲料产量(kg/hm²) × 饲料粗蛋白含量(%),可消化干物质总量(kg/hm²) = 饲料产量(kg/hm²) × 体外干物质消化率(%),代谢总能(MJ/hm²) = 饲料产量(kg/hm²) × 代谢能(MJ/kg)

1.4 数据分析

SPSS13.0进行统计分析和单因素方差分析(one-way ANOVA)。

2 结果与分析

2.1 2007 年玉米去叶试验

2.1.1 去叶对籽粒产量的影响 不同组合方式去叶对籽粒产量的影响如表 1 所示,在 6 个处理中, d_1 、 d_2 2 个处理对玉米籽粒产量的影响最小,只有 8

月 23 日处理使玉米减产。在 8 月 23 日至 9 月 2 日之前去顶处理 u_1 、 u_2 2 种方式普遍会使玉米减产。 u_1d_1 、 u_2d_2 2 种处理方式在 8 月 23 日至 9 月 12 日之前,大部分时间会导致玉米减产。在 9 月 17 日以后的所有上述处理均不会造成籽粒的减产。

表 1 去叶对籽粒产量的影响
Tab.1 The effects of defoliation on grain yield

月 - 日 Month - day	籽粒产量/(kg/hm ²) Grain yield					
	u_1	d_1	u_2	d_2	u_1d_1	u_2d_2
08 - 23	6 461 ± 222 **	6 073 ± 274 **	6 933 ± 332 **	7 397 ± 306 *	4 771 ± 254 **	6 249 ± 196 **
10 - 04(CK)	8 280 ± 253					
08 - 28	6 953 ± 424	8 080 ± 377	7 806 ± 338	7 737 ± 226	5 290 ± 172 **	6 471 ± 228 **
10 - 04(CK)	8 177 ± 340					
09 - 02	6 612 ± 320 **	7 390 ± 230	6 373 ± 339 **	7 627 ± 340	5 846 ± 244 **	5 922 ± 254 **
10 - 04(CK)	8 177 ± 340					
09 - 07	6 603 ± 315	7 436 ± 331	6 614 ± 233	6 903 ± 209	6 123 ± 204 *	6 480 ± 265
10 - 04(CK)	7 025 ± 260					
09 - 12	5 867 ± 251	6 811 ± 304	5 824 ± 218	6 681 ± 339	6 346 ± 481	5 807 ± 281 *
10 - 04(CK)	7 025 ± 260					
09 - 17	5 580 ± 351	5 814 ± 225 *	5 985 ± 335 **	5 894 ± 259 *	5 579 ± 275	5 416 ± 270
10 - 04(CK)	4 884 ± 293					
09 - 22	5 294 ± 293	5 736 ± 301	4 525 ± 334	5 315 ± 289	5 297 ± 334	4 057 ± 413
10 - 04(CK)	4 884 ± 293					
09 - 27	7 608 ± 307	7 950 ± 397	7 615 ± 238	7 634 ± 327	8 391 ± 284	8 092 ± 321
10 - 04(CK)	8 280 ± 253					

注: * . 处理与对照在 $P < 0.05$ 水平上存在显著差异; ** . 处理与对照在 $P < 0.01$ 水平上存在极显著差异。
Note: * . Significantly different at the 0.05 level between treatment and control; ** . Significantly different at the 0.01 level between treatment and control.

表 2 去叶收获的秸秆产量
Tab.2 Yield of haversted corn stover by defoliation

月 - 日 Month-day	收获秸秆产量/(kg/hm ²) Yield of haversted corn stover					
	u_1	d_1	u_2	d_2	u_1d_1	u_2d_2
08 - 23	1 537 ± 71bE	1 411 ± 51bB	1 088 ± 56aB	1 090 ± 41aCD	2 707 ± 106dB	2 462 ± 86cC
08 - 28	1 463 ± 76bE	1 406 ± 78bC	1 103 ± 67aB	1 093 ± 42aD	2 714 ± 109dB	2 463 ± 84cC
09 - 02	1 547 ± 69bDE	1 438 ± 47bC	1 108 ± 56aB	1 186 ± 57aD	2 759 ± 83dB	2 071 ± 84cB
09 - 07	1 269 ± 54bcBC	1 433 ± 81cC	936 ± 53aA	1 077 ± 37abCD	2 711 ± 117dB	2 114 ± 69cB
09 - 12	1 176 ± 53bABC	1 422 ± 51bC	825 ± 39aA	922 ± 39aAB	2 229 ± 68dA	1 682 ± 76cA
09 - 17	1 111 ± 32cAB	1 029 ± 52bcA	838 ± 35aA	883 ± 42abA	2 022 ± 84eA	1 729 ± 82dA
09 - 22	1 042 ± 58bA	1 032 ± 52bA	827 ± 34aA	851 ± 33aA	2 059 ± 74dA	1 635 ± 91cA
09 - 27	1 033 ± 63bA	1 029 ± 58bA	806 ± 44aA	848 ± 23aA	2 030 ± 68dA	1 619 ± 96cA

注: 同一行内,相同小写字母表示 0.05 水平上不显著;同一列内,相同大写字母表示 0.05 水平上不显著。
Note: a , b , c , d , e . Mean values with different superscripts in the same row differ significantly($P < 0.05$); A , B , C , D , E . Mean values with different superscripts in the same column differ significantly($P < 0.05$) .

2.1.2 去叶收获的秸秆产量 去叶收获的秸秆饲料的产量如表 2 所示,在玉米生长后期,随着玉米生育期的推进,每个处理收获的秸秆饲料的产量均有逐渐降低的趋势。同期相比, u_2 与 d_2 2 种方式收获的秸秆饲料产量差异均不显著($P > 0.05$),显著低于其他处理收获的秸秆($P < 0.05$)。 u_1 与 d_1 2 种方

式收获的秸秆饲料产量差异均不显著($P > 0.05$)。 u_2d_2 处理方式所收获的秸秆饲料产量均显著高于 u_1 、 d_1 2 种方式($P < 0.05$)。所有处理方式中,同期相比, u_1d_1 处理方式收获的秸秆产量最高。玉米在 9 月 2 日 u_1d_1 处理时可获得最大生物量 2 759 kg/hm²,与前两期差异不显著($P < 0.05$),但此时,

收获秸秆饲料,可造成玉米籽粒减产 28.5%。在不 获得最大秸秆饲料的产量为 2 229 kg/hm²。
使籽粒减产的情况下,于 9 月 12 日 u₁d₁ 处理时可

表 3 去叶收获秸秆的营养价值

Tab.3 Nutritive value of haversted corn stover by defoliation

月 - 日 Month-day	处理 Treatment	粗蛋白 / % CP	酸性洗涤纤维 / % ADF	中性洗涤纤维 / % NDF	体外消化率 / % IVDMD	代谢能 /(MJ/kg) ME
08 - 28	d ₁	8.48	30.55	54.72	64.65	8.20
09 - 02	d ₁	8.02	30.45	53.24	63.24	8.19
09 - 07	d ₁	6.86	32.25	54.47	63.13	8.11
09 - 12	d ₁	6.02	36.06	57.66	55.23	6.96
09 - 17	d ₁	5.89	36.85	59.47	54.95	6.90
09 - 22	d ₁	5.04	37.00	61.27	54.71	6.88
09 - 27	d ₁	5.01	38.51	62.35	54.34	6.84
09 - 07	u ₁	6.64	29.40	64.53	63.33	8.51
09 - 12	u ₁	6.62	35.47	62.14	56.54	7.63
09 - 17	u ₁	6.42	33.46	65.14	52.74	7.05
09 - 22	u ₁	5.78	33.87	64.32	54.14	7.28
09 - 27	u ₁	5.47	33.70	63.29	53.94	7.16
09 - 12	u ₁ d ₁	6.65	33.49	63.69	55.18	7.27
09 - 17	u ₁ d ₁	6.11	35.04	63.97	53.79	6.96
09 - 22	u ₁ d ₁	5.88	35.68	63.18	53.66	6.99
09 - 27	u ₁ d ₁	5.86	35.22	63.47	53.43	6.95

表 4 去叶对籽粒产量的影响

Tab.4 The effects of defoliation on grain yield

月 - 日 Month-day	籽粒产量 / (kg/ha) Grain yield					
	u ₁	d ₁	u ₂	d ₂	u ₁ d ₁	u ₂ d ₂
08 - 18	8 992 ± 340	8 868 ± 486	10 766 ± 280*	91 897 ± 246	7 376 ± 343**	9 326 ± 320
09 - 30(CK)	9 514 ± 258					
08 - 26	10 281 ± 244	10 466 ± 250	9 529 ± 610	11 216 ± 587	8 002 ± 329**	9 167 ± 453
09 - 30(CK)	9 746 ± 260					
09 - 02	10 005 ± 262	9 099 ± 252	9 457 ± 383	9 714 ± 260	9 084 ± 225	9 312 ± 353
09 - 30(CK)	9 641 ± 266					
09 - 08	10 199 ± 321	10 389 ± 279	10 183 ± 456	10 224 ± 579	9 697 ± 226	10 259 ± 363
09 - 30(CK)	10 212 ± 301					
09 - 16	9 452 ± 250	9 987 ± 328	9 852 ± 479	9 313 ± 471	10 041 ± 351	9 566 ± 578
09 - 30(CK)	10 116 ± 250					
09 - 24	10 592 ± 397	11 117 ± 726	9 981 ± 494	10 847 ± 408	10 579 ± 465	10 894 ± 378
09 - 30(CK)	10 216 ± 218					

注: * . 处理与对照在 $P < 0.05$ 水平上存在显著差异; ** . 处理与对照在 $P < 0.01$ 水平上存在极显著差异。
Note: * . Significantly different at the 0.05 level between treatment and control; ** . Significantly different at the 0.01 level between treatment and control.

2.1.3 去叶收获秸秆的营养价值(不影响籽粒产量情况下) 收获秸秆饲料的营养值如表 3 所示,由表 3 可知,同一处理,随着玉米的生育期的推进,粗蛋白含量(以干质量计)下降,粗纤维含量(以干质量计)提高,体外干物质消化率(以干质量计)及代谢能随之下降。在 8 月 28 日 d₁ 处理时粗蛋白含量、消化率和代谢能均最高,可获得最优质的秸秆饲料,产量为 1 406 kg/hm² 时收获的秸秆饲料粗蛋白含量为 8.48% ,酸性洗涤纤维含量(以干质量计)和中性洗涤纤维含量(以干质量计) 分别为 30.55% , 54.72% ,消化率为 64.65% ,代谢能为 8.20 MJ/kg; 可获得粗蛋白总量为 119 kg/hm² ,可消化的干物质量为 909 kg/hm² ,可利用的代谢总能为 11 532 MJ/hm² 。在 9 月 12 日 u₁d₁ 处理时可获得最大的秸秆产量为 2 228 kg/hm² ,此时收获的秸秆饲料的粗蛋白含量为 6.65% ,酸性洗涤纤维和中性洗涤纤维含量分别为 33.70% 和 63.29% ,体外干物质消化率为 55.18% ,代谢能为 7.72 MJ/kg; 可获得粗蛋白总量为 148 kg/hm² ,可消化的干物质量为 1 229 kg/hm² ,可利用的代谢总能为 16 202 MJ/hm² 。

2.2 2008 年玉米去叶试验

2.2.1 去叶对籽粒产量的影响 2008 年玉米去叶对籽粒产量的影响如表 4 所示,仅 8 月 18 日和 8 月 26 日 u_1d_1 处理时,籽粒会造成减产,其他情况下,籽粒产量均不会减产。

2.2.3 去叶收获的秸秆饲料的产量 2008 年收获秸秆饲料的产量如表 5 所示,在玉米生长后期,随着玉米生育期的推进,每个处理收获的秸秆饲料的产

量变化不显著,但后期均表现为降低趋势。总体上看, d_1 处理方式收获的秸秆高于 u_1 处理方式, d_2 处理方式收获的秸秆高于 u_2 处理方式,但在某些时期表现不显著。同期相比, u_1d_1 处理方式收获的秸秆饲料均高于 u_2d_2 。在同一时期相比收获秸秆最多的方式为 u_1d_1 ,但在 8 月 18 日和 8 月 26 日 2 种方式均会造成籽粒减产。在不使籽粒减产的情况下,9 月 8 日 u_1d_1 可获得最大的秸秆产量,为 $2\,506\text{ kg/hm}^2$ 。

表 5 收获秸秆饲料的产量

Tab.5 Yield of harvested corn stover

月 - 日 Month-day	收获秸秆饲料产量/(kg/hm^2) Yield of harvested corn stover					
	u_1	d_1	u_2	d_2	u_1d_1	u_2d_2
08-18	$1\,160 \pm 62bB$	$1\,288 \pm 53bA$	$876 \pm 44aBC$	$1\,125 \pm 55bB$	$2\,523 \pm 94dB$	$1\,787 \pm 95cAB$
08-26	$1\,173 \pm 61bB$	$1\,380 \pm 57cA$	$898 \pm 41aC$	$1\,084 \pm 45bB$	$2\,403 \pm 110eAB$	$1\,840 \pm 47dAB$
09-02	$1\,031 \pm 61bAB$	$1\,283 \pm 55cA$	$932 \pm 58abC$	$961 \pm 71aA$	$2\,319 \pm 69eAB$	$1\,901 \pm 83dB$
09-08	$1\,211 \pm 49bcB$	$1\,244 \pm 42cA$	$783 \pm 33aAB$	$1\,068 \pm 62bB$	$2\,506 \pm 69eAB$	$1\,967 \pm 61dB$
09-16	$1\,122 \pm 47bAB$	$1\,201 \pm 64bA$	$781 \pm 52aAB$	$1\,806 \pm 95cC$	$2\,463 \pm 72dAB$	$1\,627 \pm 80cA$
09-24	$981 \pm 67bA$	$1\,192 \pm 69cA$	$765 \pm 48aAB$	$955 \pm 52bAB$	$2\,246 \pm 55eA$	$1\,523 \pm 61dA$

注:同一行内,相同小写字母表示 0.05 水平上不显著;同一列内,相同大写字母表示 0.05 水平上不显著。

Note: a, b, c, d, e. Mean values with different superscripts in the same row differ significantly ($P < 0.05$); A, B, C. Mean values with different superscripts in the same column differ significantly ($P < 0.05$).

3 结论与讨论

两年的试验表明, d_1 、 d_2 2 个处理较其他 4 种方式对籽粒的影响较小,与其他相比,可提早进行处理,均可在乳熟末期进行,且由于所收获的饲料均为玉米叶片,营养价值非常高,但产量偏低。但每公顷也能收获 1 t 左右的饲料。 u_1 、 u_2 2 种处理方式较 d_1 、 d_2 对籽粒的影响稍大,2007 年 9 月 7 日(腊熟初期)开始,不会导致籽粒减产,2008 年从 8 月 18 日(乳熟后期)开始,以后均不会造成籽粒减产,因此可在腊熟初期对玉米进行 u_1 、 u_2 处理,同样也获得营养价值很高的秸秆饲料,每公顷也能收获 1 t 左右的饲料,较去下叶处理稍多。2007 年 u_1d_1 、 u_2d_2 对籽粒产量的影响很大,处理时间需要延至腊熟中期进行,才不致造成减产, u_1d_1 收获的秸秆产量最多,每公顷能收获 1.5~2.0 t 的饲料,营养也较好;2008 年在前 2 期 u_1d_1 处理会造成籽粒显著减产, u_2d_2 未造成减产,可见 u_1d_1 处理对籽粒产量的影响较大, u_2d_2 处理可提前至乳熟后期,但 u_1d_1 需要进入腊熟初期才可以实施,两种方式均可收获大量的秸秆饲料。

玉米不同部位的叶片功能不同,棒三叶的叶面积最大,它对单株产量的影响也最大^[2]。本试验中所有的处理均是以保留棒三叶为基础进行的。随着生育期的延长,去叶对籽粒产量的不良影响逐渐降

低。源库理论认为:源性状是通过库性状对产量产生影响,而库性状对源性状有反馈作用。高产的关键是调节二者的关系,使之处于适宜的比例^[8]。当源强度大于库强度时,源的潜力未能充分发挥,去叶后使源强度降低,剩余叶片的光合潜力就表现得相对充分一些。去叶对籽粒的产量影响的结果表明,去叶改变了玉米的源库关系,在某些阶段,发挥了积极的作用,使玉米籽粒产量没有降低,甚至有所提高。

两年的去叶对籽粒产量影响有不同之处的原因可能是与玉米的品种和不同的气候条件的差异造成的。因此,时间不能作为判断何时适合去叶的标准。应以玉米发育时期为标准。另外,因本试验涉及的小区面积大,取样数目多,故选取处理组临近植株的籽粒为对照,以此减少试验误差,造成在取样的不同时期形成了不同的对照组,旨在表明不同的处理方式对籽粒产量的影响。

玉米进入生殖生长期后,秸秆的营养开始向籽粒转移,造成秸秆营养与产量下降均呈下降趋势。本研究秸秆粗蛋白下降,NDF、ADF 提高与陈玉香得到的结论一致^[9]。玉米秸秆各器官营养价值不同,叶片具有很高的营养价值(高的粗蛋白、消化率、代谢能、低的 NDF、ADF 含量),茎总体营养价值较低,但上部明显高于下部。收割时间对玉米秸秆的营养价值影响很大^[10-12]。本研究去叶所收获的秸秆饲料含有大量的叶片及上部的茎,另外与正常收获时间要提前很多,确保了玉米秸秆高的营养价值。

在不影响籽粒产量的同时,通过去叶可收获大量优质的粗饲料。松嫩草地羊草(*Leymus chinensis*)群落生物量八月份达到了最大仅 $1\,487\text{ kg/hm}^2$,生物量最大的马莲(*Lris lactea*)群落也只有 $2\,596\text{ kg/hm}^2$ ^[13]。这样的生物量也只限于完全没有退化的草地生长的饲草。由于草地退化,又为了维持草地可持续发展需要保留 40% 基量^[14]除去这些以外,每公顷草地也只能收获 $1\,000\text{ kg}$ 左右的饲草。通过去叶收获饲草的产量相当于 $1\sim 2\text{ hm}^2$ 草地草量。

羊草一般被认为是优质的粗饲料。优质粗饲料是指有机物消化率在 50% 以上的饲料。由于植株体内含有少量的矿物质,玉米矿物质只占干物质质量的 5%^[15],羊草占 5%~7%^[16],本研究测定的为干物质的消化率要略低于有机物消化率。若假定相等,由 2007 年所测秸秆的营养值可知,不影响籽粒产量并获得大量秸秆饲料的情况下,所收获的秸秆饲料均为优质饲料。而松嫩草地羊草的消化率的动态变化表明,只有在 6 月 20 日以前消化率为 50% 以上,7~11 月份消化率变得很低,7 月中旬 44%,后降低,9~11 月份降低到 30% 左右^[17]。若与同期的羊草相比,可以说通过去叶收获的秸秆饲料营养要高于羊草。另外,玉米通过去叶可获粗饲料粗蛋白含量在 5.6% 以上的饲草。可以满足家畜对粗蛋白的维持需求。况且,由于重度放牧和过度放牧导致适口性好的牧草种群(如羊草、豆科牧草)相对盖度降低,适口性较差的杂类草和盐生植物种群的相对盖度却显著增加^[18]。导致草地牧草的营养价值下降。

在 8 月份草地进入打草期后,通过去叶收获的秸秆饲料营养价值高,可以为反刍家畜提供优质的粗饲料。本试验所获得秸秆的代谢能均低于 10 MJ/kg ,在饲喂中要配以一定比例的精料来提高代谢能。再者,本研究为估计代谢能,由干物质消化率和总能推导得到,体外干物质消化率一般比用动物体内试验测得的体内消化率要小,造成所测值都偏小。

两年的试验数据可以充分说明,在不影响籽粒产量的情况下,通过适时去叶可以获得优质的秸秆饲料,从而合理有效的利用了秸秆资源,缓解了草畜矛盾,推动农牧交错区畜牧业的发展。

参考文献:

- [1] 朴香兰. 吉林省农作物秸秆资源的现状及综合利用[J]. 延边大学农学学报, 2003, 25(1): 60-64.
- [2] 魏国才, 姜军, 南元涛, 等. 玉米不同层次叶片与单株产量的关系及实践意义研究[J]. 黑龙江农业科学, 2000(1): 1-17.
- [3] 胡寅华. 夏玉米去叶对果穗形状和产量的影响[J]. 玉米科学, 1996, 4(1): 46-49.
- [4] Yao N R, Yeboua K, Kafrouma A. Effect of intensity and timing of defoliation on growth, yield components and grain yield in maize[J]. Experimental Agriculture, 1991, 27: 137-144.
- [5] 杨胜. 饲料分析与饲料检测技术[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [6] De Boever J L, Cottyn B G, Wainman F X, et al. The use of an enzymatic technique to predict digestibility, metabolizable and net energy of compound feedstuffs for ruminants. Anim[J]. Feed Sci Technol, 1986, 14: 203-214.
- [7] 卢德勋. 现代反刍动物营养研究方法和技术[M]. 北京: 农业出版社, 1991: 56-61.
- [8] 李明, 李文雄. 玉米产量形成与源库关系[J]. 玉米科学, 2006, 14(2): 67-70.
- [9] 陈玉香, 周道玮, 张玉芬. 玉米营养成分时空动态[J]. 应用生态学报, 2002, 15: 1589-1593.
- [10] Pordesimo L O, Hames B R, Sokhansanj S, et al. Variation in corn stover composition and energy content with crop maturity[J]. Biomass and Bioenergy, 2005, 28: 366-374.
- [11] Browne E M, Juniper D T, Bryant M J, et al. Apparent digestibility and nitrogen utilization of diets based on maize silage harvested at three stages of maturity and fed to steers[J]. Grass and Forage Science, 2005, 60: 274-282.
- [12] 赵丽华, 莫放, 余汝华, 等. 收割时间对玉米秸秆营养物质产量的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 23(7): 11-14.
- [13] 陈继红, 祖元刚, 倪红伟, 等. 松嫩草原放牧地主要植物群落地上生物量的增长规律[J]. 东北林业大学学报, 1998, 26(5): 49-52.
- [14] 周道玮, 孙海霞, 刘春龙, 等. 中国北方草地畜牧业的理论基础问题[J]. 草业科学, 2009, 26(11): 1-11.
- [15] 山东省农业科学院玉米所编著. 玉米生理[M]. 北京: 农业出版社, 1987: 165-166.
- [16] 王克平, 姜玉杰, 成文革, 等. 吉生羊草营养物质动态变化规律的研究[J]. 草业科学, 2005, 22(8): 24-27.
- [17] 孙海霞, 周道玮. 松嫩草地不同牧草体外干物质消化率的研究[J]. 中国草地学报, 2008, 30(2): 11-14.
- [18] 王仁忠. 放牧干扰对松嫩平原羊草草地的影响[J]. 东北师大学报: 自然科学版, 1996, 4: 77-82.