

玉米适宜收获期及秸秆饲料利用方式的研究

王敏玲, 钟荣珍, 周道玮*

(中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012)

摘 要: 通过测定粗蛋白、消化率和代谢能三个营养指标研究玉米不同生殖生长期各器官和空间位置的营养成分含量的变化。结果表明:9月24日玉米(*Zea Mays* L.)籽粒产量达到最大,产量为67 531 kg/hm²,若以收获籽粒为目的,则应在此时期收获。若以收获整株作为饲料为目的,玉米收获最佳期应在9月4日~9月9日之间,9月4日收获整株玉米可消化干物质量为7 802 kg/hm²,代谢能为107 374 MJ/hm²,9月9日收获整株玉米粗蛋白总量为704 kg/hm²;玉米秸秆下部粗蛋白含量低,中上部秸秆营养较好,可以考虑将下部作为燃料,中上部用作家畜的优质粗饲料。

关键词: 玉米;产量;营养;收获期;秸秆饲料

中图分类号: S513 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2012)03-0018-07

粮食安全是中国乃至世界亟待解决的问题,而发展节粮型畜牧业,将是缓解粮食安全的一项长期的重要举措^[1-3]。我国有丰富的草地资源,天然草地面积达4亿hm²,约占国土面积的41%^[4],近年来,我国草地过牧严重,退化、沙化现象十分严重。据报道,我国严重退化草原近1.8亿hm²,并以每年200万hm²的速度扩张,天然草原面积每年减少约65万~70万hm²。草原质量不断下降,90年代与60年代初比较,北方天然草原产草量下降了30%~50%。饲草的不足,导致了饲料粮的大量利用,威胁到了粮食安全。中国每年生产6.4亿多t的秸秆,其中以稻秸、玉米秸和麦秸为主,这些秸秆资源量约占秸秆总资源量的75.6%^[5],但由于人们一直以来对秸秆营养价值的认识不足,使很多秸秆未被牲畜利用,导致资源的浪费。

吉林西部位于东北农牧交错带东段,玉米是主要粮食作物,种植比例大。每年吉林省玉米籽实的产量稳定在1 000万t以上,秸秆产量1000万t以上,生产大量玉米籽实的同时,也产生了大量的玉米秸秆,用于牲畜饲料的仅占10%左右^[6],约有60%~70%作为燃料被消耗^[7]。有些农户待玉米秸秆干枯以后,直接在大田里将其焚烧,污染环境,浪费大量的能源。在该区草场严重退化的背景下,寻找牧草的替代饲料至关重要。该区农民收获玉米主要以籽实为主,且收获时间一般在10月1日左右,此时秸秆大部分已枯黄,营养价值很低。玉米可以粮饲兼用,不同的器官、不同的部位营养状况不同。

陈玉香系统地研究了东北农牧交错区玉米在生殖生长期的营养变化^[8],但缺少对玉米消化率和代谢能的研究,对玉米整株作饲料的营养品质和产量的整体权衡也缺少研究。对秸秆饲料的利用方式多集中于秸秆的处理技术的研究^[9-11],但处理秸秆需要技术含量及经济成本,在经济不发达地区难以推广。秸秆各部位营养价值及产量不同,有研究表明上部营养价值高于下部^[8],但未结合产量给出具体的利用方式。

本研究将玉米各个器官区分开,分别研究了玉米生殖生长期不同时间、不同器官、不同空间位置的营养成分含量动态变化,综合考虑玉米秸秆营养成分及籽实产量,确定玉米适宜的收获期,探讨玉米秸秆作为饲料的利用方式,从而为该地区合理利用玉米秸秆提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在中国科学院长岭草地农牧生态研究站进行,它位于吉林省西部,东北农牧交错带的东端,地理位置44°33'N,123°31'E,属于温带半湿润半干旱气候类型。年均温4.9℃,≥10℃积温2 920℃,无霜期140~160d,年日照时数2 800h。年降水量300~500mm,集中在6~9月,占总降水量的70%。年蒸发量1 600.2mm,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。

收稿日期:2012-01-17

基金项目:国家自然科学基金(30970493)

作者简介:王敏玲(1982—),女,黑龙江省绥化人,硕士,助理工程师,主要从事农业生态方向研究。E-mail: wangml@neigae.ac.cn。

* 通讯作者:周道玮, E-mail: zhoudaowei@neigae.ac.cn。

1.2 研究方法

1.2.1 实验设计 选择郑单 958 玉米,其为当地推广品种,种植株距为 40 cm,行距为 65 cm。在大田种植管理条件下,随机取样,选取 10 株。

于 2007 年分别在 8 月 25 日至 9 月 29 日,每隔 4 天取一次样,玉米留茬 5cm。将每个植株分成四段,具体方法为从着生穗棒的结节处将植株分开,将其上、下的三节各作为一段,剩下的两部分各为一段。从基部开始至上将四段分别记为 1 茎、2 茎、3 茎、4 茎,将其上着生的叶片分别记为 1 叶、2 叶、3 叶、4 叶。将植株的茎(包括叶鞘)、叶片、苞叶、雄穗、穗轴、籽粒分开,放到 105℃烘箱杀青 30 min 后,将温度调至 65℃烘干至恒重,称重后将 10 个重复混合,粉碎(过 40 目筛)用于营养测定。

1.2.2 营养测定 测定粗蛋白含量、体外干物质消化率、代谢能。使用凯氏定氮仪(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator)测定粗蛋白含量。使用美国 Parr - 1281 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(1986)测定有机物消化率(IVDOMD)一文^[12],测定步骤及方法参照卢德勋(1991)两级离体消化法干物质消化率的方法^[13]。

应用 1965 年 ARC 提供的方法计算代谢能:

$$ME = GE \times IVDMD \times 0.815$$

式中,ME 为代谢能;GE 为总能;IVDMD 为体外干物质消化率。

本文中秸秆包括茎、叶、苞叶、穗轴、雄穗,地上部分包括秸秆与籽粒。

1.2.3 数据分析 SPSS13.0 进行统计分析和单因素方差分析(one-way ANOVA),Excel 作图。茎生物量 = 1 茎生物量 + 2 茎生物量 + 3 茎生物量 + 4 茎生物量;叶生物量计算方法同上,将上式中的茎替换成

叶;秸秆生物量 = 茎生物量 + 叶生物量 + 苞叶生物量 + 雄穗生物量 + 穗轴生物量;地上生物量 = 秸秆生物量 + 籽粒生物量。茎粗蛋白含量 = (1 茎粗蛋白含量 × 1 茎生物量 + 2 茎粗蛋白含量 × 2 茎生物量 + 3 茎粗蛋白含量 × 3 茎生物量 + 4 茎粗蛋白含量 × 4 茎生物量)/茎生物量 × 100;叶粗蛋白含量计算方法同上,将上式中茎替换成叶;秸秆粗蛋白含量 = (茎粗蛋白含量 × 茎生物量 + 叶粗蛋白含量 × 叶生物量 + 苞叶粗蛋白含量 × 苞叶生物量 + 穗轴粗蛋白含量 × 穗轴生物量 + 雄穗粗蛋白含量 × 粗蛋白生物量)/秸秆生物量 × 100;地上粗蛋白含量 = (秸秆粗蛋白含量 × 秸秆粗蛋白含量 + 籽粒粗蛋白含量 × 籽粒生物量)/地上生物量 × 100。茎、叶、秸秆、地上消化率计算方法同粗蛋白含量计算方法,将式中粗蛋白含量替换成消化率即可。茎、叶、秸秆的地上代谢能计算方法同粗蛋白含量计算方法,将式中粗蛋白替换成代谢能,统一单位即可。玉米粗蛋白总量 = 地上粗蛋白含量 × 地上生物量/hm²。玉米可消化干物质总量 = 地上消化率 × 地上生物量/hm²。玉米代谢能总量 = 地上代谢能 × 地上生物量/hm²。每公顷产量(kg/hm²) = 38 462 株/hm² × 单株产量(g/株)/1000

2 结果与分析

2.1 生殖生长期玉米生物量动态

生殖生长期玉米各器官及籽粒、地上生物量动态过程如图 1 所示,随生长期延长,秸秆产量逐渐下降,籽粒产量呈上升趋势,在 9 月 24 日达到了最大值,最大单株产量为 175 g,经计算每公顷产量为 67 531 kg,后期平稳。地上生物量先增加,9 月 4 日达到了最大值,其后各值差异不显著,地上生物量达到了稳定。

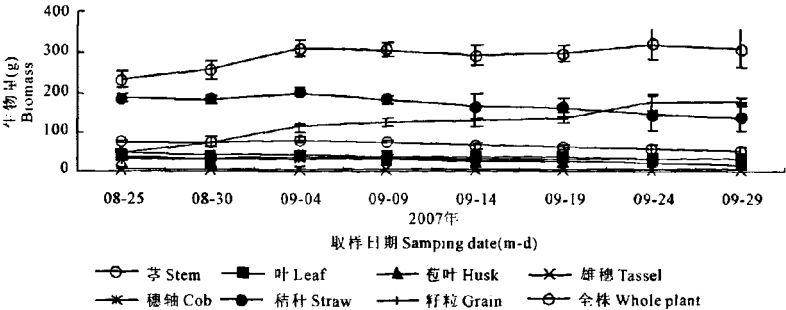


图 1 生殖生长期玉米各器官及籽粒的地上生物量动态过程
Fig.1 The dynamics of overground biomass of corn at growing period

2.2 营养动态

2.2.1 粗蛋白含量 玉米茎、叶粗蛋白含量空间动态如图 2 所示,随生长期延长,茎、叶粗蛋白含量逐渐降低,后趋于平稳。茎粗蛋白含量均低于 4%,从空间分布角度看,各段之间无明显规律;叶片粗蛋白含量均高于 4%,最小值为 5.87%,最大值为 14.96%,从空间分布角度看,叶片从下至上粗蛋白含量逐渐增大,1 叶的粗蛋白含量明显低于上部叶片。

玉米各器官及秸秆、地上粗蛋白含量动态如图 3 所示,随生长期的延长,玉米各个器官粗蛋白含量逐渐降低后趋于平稳。在玉米各个器官中,叶片的含量最高,最高值达到了 13.19%,即使在籽粒完全成熟时,叶片的粗蛋白含量依然很高,达 8% 左右。在此期间玉米秸秆各器官同期相比粗蛋白含量顺序为:叶>雄穗>苞叶>茎,穗轴在前两期大于茎,中期与茎几乎相同后又低于茎。在 8 月 25 日至 9 月 29 日期间,秸秆粗蛋白含量由 6.26% 降低至 4.03%,籽粒粗蛋白含量由 10.81% 降至 7.15%,9 月 4 日以后,籽粒粗蛋白含量降低速度缓慢。

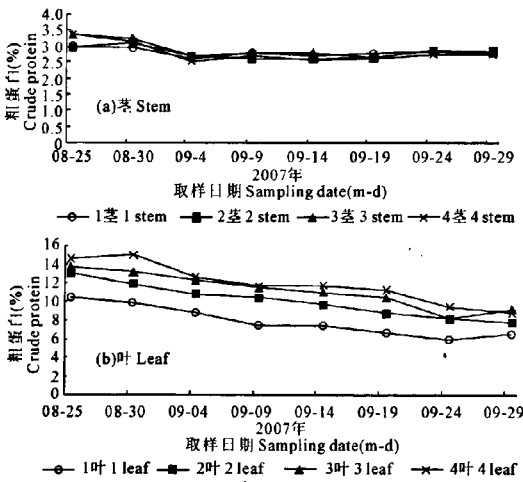


图 2 茎、叶粗蛋白含量空间动态

Fig.2 Spatial dynamics of crude protein content in stem and leaf

2.2.2 体外干物质消化率 玉米茎、叶体外干物质消化率时空动态如图 4 所示,随生长期延长,茎、叶消化率逐渐降低,最后趋于平稳。从茎分布的空间角度看,2 茎和 3 茎的消化率均高于 1 茎和 4 茎。从茎分布的空间角度看,无明显规律。在同一时期,同一段上,叶的消化率均大于茎。

玉米各器官及秸秆、地上体外干物质消化率动态图 5 所示,随生长期的延长,玉米各个器官干物质消化率逐渐降低,后期趋于稳定。在此期间,玉米的

各个器官中消化率最高的为苞叶,其次是籽粒。雄穗的消化率最低。秸秆中各器官消化率同期相比,顺序为:苞叶>叶>茎>雄穗,穗轴消化率在前两期大于茎,后与茎消化率基本相同。秸秆的消化率由 63% 降低至 53%,籽粒的消化率由 72% 降至 53%,后两期降低明显。9 月 24 日,秸秆的消化率为 53.04%。整个过程中,籽粒的消化率均高于秸秆消化率。

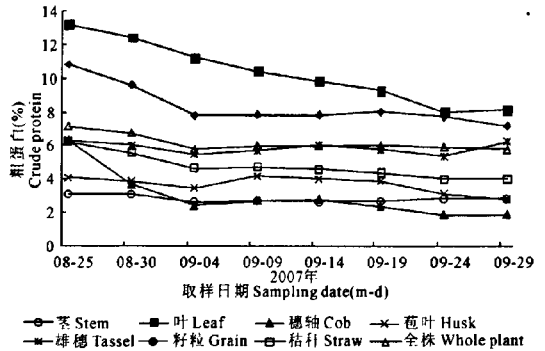


图 3 玉米各器官及秸秆的地上粗蛋白含量动态

Fig.3 The dynamics of crude protein content in organs and straws of corn

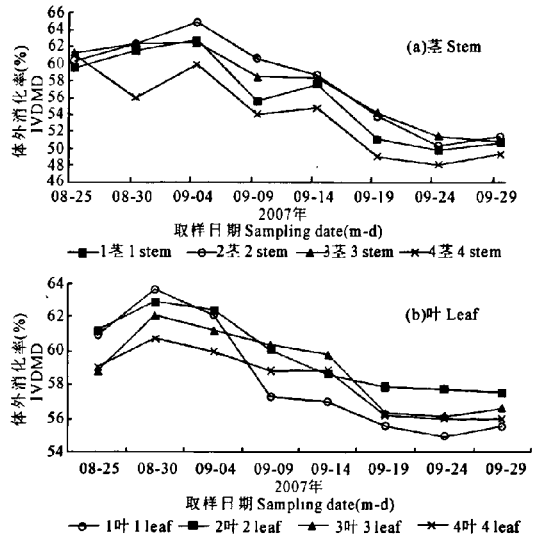


图 4 茎、叶体外干物质消化率时空动态

Fig.4 The temporal and spatial dynamics of digestibility in vitro in stem and leaf

2.2.3 代谢能 玉米茎、叶代谢能时空动态如图 6 所示,随生长期的延长,茎、叶的代谢能逐渐降低,最后趋于平稳。代谢能与消化率具有相同的变化趋势。

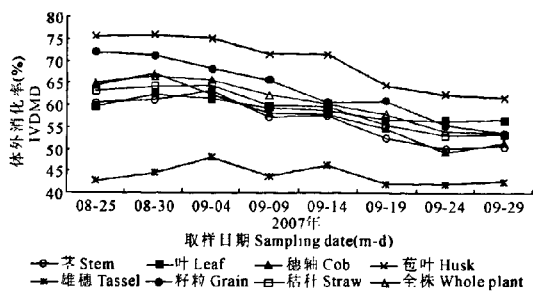


图5 玉米各器官及秸秆的地上体外干物质消化率动态

Fig.5 The dynamics of dry matter digestibility in vitro in organs and straws of corn

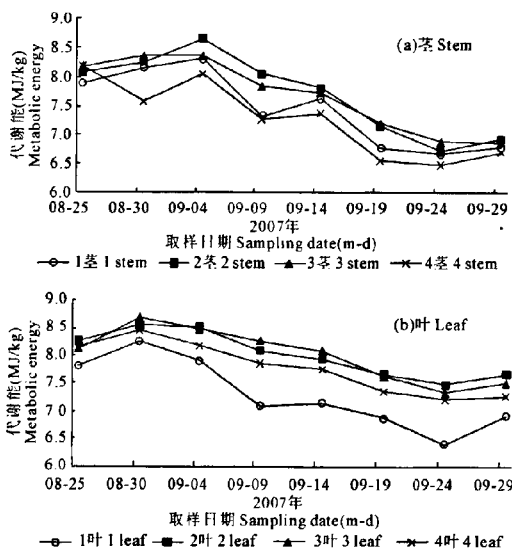


图6 茎、叶代谢能时空动态

Fig.6 Spatial dynamics of metabolic energy value of stem and leaf

玉米各器官及秸秆、地上代谢能动态如图7所示,随生长期的延长,玉米各个器官代谢能逐渐降低,后期趋于稳定。各器官代谢能的顺序与消化率的相同。在此期间秸秆的代谢能由8.6 MJ/kg降至7.2 MJ/kg,籽粒的代谢能由10.4 MJ/kg降至7.5 MJ/kg。9月24日,秸秆的代谢能值为7.09 MJ/kg。由图可以看出,籽粒的代谢能降低速度大于秸秆。

2.2.4 玉米粗蛋白总量、可消化干物质总量、代谢能总量 玉米粗蛋白总量动态如图8所示,随生长期的延长,玉米的粗蛋白总量先是逐渐升高,后呈略下降趋势。蛋白总量最高值发生在9月9日。此时玉米为腊熟期,乳线在1/4左右。若此时收获全株玉米,每公顷可获得704 kg粗蛋白。

玉米可消化干物质总量动态如图9所示,随生长期的延长,玉米的可消化干物质质量先是逐渐升高,

后呈下降趋势。可消化干物质质量最高值发生在9月4日。此时玉米为腊熟期,乳线刚刚出现。若此时收获全株玉米,每公顷可获得可消化的干物质为7802 kg。

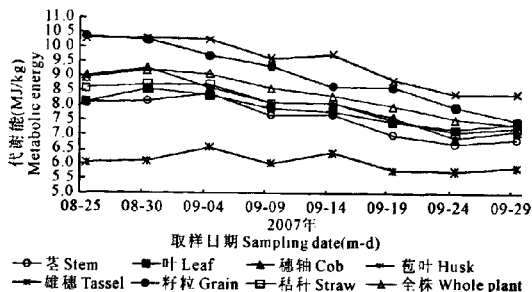


图7 玉米各器官及秸秆的地上部分代谢能动态

Fig.7 The dynamics of metabolic energy value in organs and straws of overground part of corn

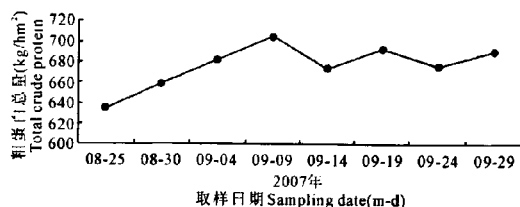


图8 玉米粗蛋白总量动态

Fig.8 The dynamics of total crude protein of corn

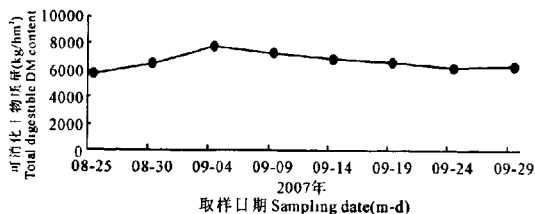


图9 玉米可消化干物质总量动态

Fig.9 The dynamics of total digestible DM of corn

玉米代谢能总量动态如图10所示,随生长期的延长,玉米的代谢能总量先是逐渐升高,后呈下降趋势。在9月4日达到了最高值。若此时收获全株玉米,每公顷可获得代谢能总量为107374 MJ。

单位面积上玉米籽实和秸秆粗蛋白的最大产量,是确定玉米最适宜收获时期的关键因素^[9],但每公顷玉米地上部分可消化的干物质总量与代谢能总量同样不可忽视。本研究中,整株玉米籽实与秸秆的每公顷粗蛋白总量发生在9月9日,而可消化干物质与代谢能总量的最大值发生在9月4日。综合考虑上述三种因素,以整株玉米作为饲料考虑,最佳收获期应在9月4日至9月9日之间,即玉米播种

后 117 天至 121 天之间收获,此时玉米籽粒乳线刚刚出现至到达 1/4 期间。

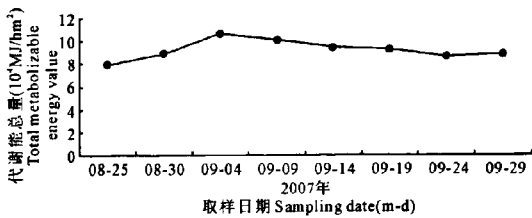


图 10 玉米代谢能总量动态变化

Fig.10 The dynamics of total metabolic energy value of corn

随着生长期延长,秸秆的粗蛋白含量、消化率、代谢能均呈下降趋势。将秸秆全部作为饲料,后期营养低。可考虑将秸秆分段利用。

2.3 玉米秸秆的利用

表 1~表 3 是将玉米秸秆按照空间的角度分成了四个部位,考虑了不同空间位置秸秆营养值的变化。按照本文 1.2.1 中分段的方法,人为地将四段进行组合得到如下四个部分:A=1 茎叶、B=2 茎叶+3 茎叶+4 茎叶、C=3 茎叶+4 茎叶、D=4 茎叶,通过计算得到表 1~表 3 中的数值。表中综合了秸秆的产量和营养两个因素。

表 1 玉米秸秆分层产量、粗蛋白含量及粗蛋白总量

Table 1 Yield of different straw layers, crude protein concentration and total crude protein

秸秆分层 Straw layers	产量及粗蛋白 Yield and Crude protein	08-25	08-30	09-04	09-09	09-14	09-19	09-24	09-29
A	产量 Yield (kg/hm ²)	893	1085	1198	1116	1175	1077	826	911
	粗蛋白 Crude protein (%)	5.07	4.79	3.90	4.06	3.81	3.72	3.63	3.80
	粗蛋白总量 Total crude protein (kg/hm ²)	45	52	47	45	45	40	30	35
B	产量 Yield (kg/hm ²)	3583	3229	3451	3177	2724	2668	2692	2437
	粗蛋白 Crude protein (%)	7.39	7.00	6.20	5.88	5.85	5.70	5.18	5.26
	粗蛋白总量 Total crude protein (kg/hm ²)	265	226	214	187	159	152	139	128
C	产量 Yield (kg/hm ²)	2118	1794	1797	1783	1382	1375	1588	1284
	粗蛋白 Crude protein (%)	8.21	7.69	6.92	6.28	6.49	6.29	5.47	5.78
	粗蛋白总量 Total crude protein (kg/hm ²)	174	138	124	112	90	87	87	74
D	产量 Yield (kg/hm ²)	765	565	529	687	389	370	523	393
	粗蛋白 Crude protein (%)	8.74	7.90	6.81	5.44	6.40	6.34	5.81	5.48
	粗蛋白总量 Total crude protein (kg/hm ²)	67	45	36	37	25	23	30	22

由表 1 可知,随着时间的延长,各部分粗蛋白含量及粗蛋白总量均呈下降趋势,但前期在 9 月 24 日以前,籽粒产量未达到最大,不能利用秸秆,因此可在 9 月 24 日收获玉米,利用秸秆。但 1 茎叶的产量低,粗蛋白含量也低,9 月份粗蛋白含量均低于 4%,若直接饲喂,将会阻碍家畜生长。其它组合方式,粗蛋白含量都较高,越是上部,粗蛋白含量越高。但随之获得的秸秆产量变低,粗蛋白总量也低。从粗蛋白含量对家畜生长的重要性考虑,可利用除了 1 茎叶以上的其它全部部位。

随着时间的延长,各部分体外干物质消化率(代谢能)及可消化干物质的量(代谢能总量)均呈下降

趋势,但前期在 9 月 24 日以前,籽粒产量未达到最大,不能利用秸秆,因此可在 9 月 24 日收获玉米,利用秸秆。同一时期,四种组合方式间,体外干物质消化率均为 50% 以上,即使在大田收获时期(9 月 29 日)(见表 2),代谢能也很高,在大田收获期约为 7 MJ/kg。因此,除 1 茎叶粗蛋白含量低,其余三种组合,都可作为家畜的优质粗饲料,在玉米籽粒收获以后,秸秆中上部营养都可以满足家畜生长的需要。另外,由于下部叶的粗蛋白、消化率、代谢能也都很高,因此,下部叶片仍可作为家畜优质的粗饲料。建议将下部茎作为燃料,利用下部叶片及中上部秸秆作为家畜的优质粗饲料。

表 2 玉米秸秆分层产量、消化率及可消化干物质总量

Table 2 Yield of different straw layers, digestibility, and digestible DM of corn

秸秆分层 Straw layers	产量及消化率 Yield and digestibility	08-25	08-30	09-04	09-09	09-14	09-19	09-24	09-29
A	产量 Yield (kg/hm ²)	893	1085	1198	1116	1175	1077	826	911
	体外消化率 IVDMD (%)	59.87	62.07	62.58	56.00	57.39	52.14	51.09	51.89
	可消化 DM 量 Digestible DM (kg/hm ²)	534	673	750	625	674	562	422	473
B	产量 Yield (kg/hm ²)	3583	3229	3451	3177	2724	2668	2692	2437
	体外消化率 IVDMD (%)	60.30	61.63	62.65	58.96	58.45	54.81	52.95	53.42
	可消化 DM 量 Digestible DM (kg/hm ²)	2161	1990	2162	1873	1592	1462	1426	1302
C	产量 Yield (kg/hm ²)	2118	1794	1797	1783	1382	1375	1588	1284
	体外消化率 IVDMD (%)	60.12	60.88	61.30	57.86	58.22	54.29	52.97	53.22
	可消化 DM 量 Digestible DM (kg/hm ²)	1273	1092	1102	1031	805	747	841	683
D	产量 Yield (kg/hm ²)	765	565	529	687	389	370	523	393
	体外消化率 IVDMD (%)	60.06	57.87	59.91	55.55	56.41	52.07	51.70	52.32
	可消化 DM 量 Digestible DM (kg/hm ²)	459	327	317	382	220	193	271	205

表 3 玉米秸秆分层产量、代谢能及代谢总能

Table 3 Yield of different maize straw layer, metabolic energy, and total metabolic energy

秸秆分层 Straw layers	产量及代谢能 Yield and metabolic energy	08-25	08-30	09-04	09-09	09-14	09-19	09-24	09-29
A	产量 Yield (kg/hm ²)	893	1085	1198	1116	1175	1077	826	911
	代谢能 Metabolic energy (MJ/kg)	7.86	8.18	8.23	7.26	7.52	6.80	6.60	6.81
	代谢能总量 Total metabolic energy (MJ/hm ²)	7019	8873	9858	8095	8829	7327	5449	6208
B	产量 Yield (kg/hm ²)	3583	3229	3451	3177	2724	2668	2692	2437
	代谢能 Metabolic energy (MJ/kg)	8.15	8.34	8.46	7.92	7.83	7.30	7.00	7.15
	代谢能总量 Total metabolic energy (MJ/hm ²)	29192	26929	29185	25155	21314	19487	18853	17438
C	产量 Yield (kg/hm ²)	2118	1794	1797	1783	1382	1375	1588	1284
	代谢能 Metabolic energy (MJ/kg)	8.16	8.32	8.32	7.81	7.79	7.25	7.00	7.11
	代谢能总量 Total metabolic energy (MJ/hm ²)	17272	14926	14946	13915	10763	9976	11119	9132
D	产量 Yield (kg/hm ²)	765	565	529	687	389	370	523	393
	代谢能 Metabolic energy (MJ/kg)	8.17	7.92	8.11	7.45	7.53	6.89	6.81	6.95
	代谢能总量 Total metabolic energy (MJ/hm ²)	6245	4475	4292	5121	2931	2550	3566	2729

3 结 论

随生长期的延长,玉米各个器官粗蛋白含量、消化率及代谢能含量逐渐降低后趋于平稳。在大田收获时期,秸秆粗蛋白含量大于 4%。秸秆中各器官粗蛋白含量同期相比,顺序为:叶>雄穗>苞叶>

茎,穗轴在前两期大于茎,中期与茎几乎相同后又低于茎;消化率同期相比,顺序为:苞叶>叶>茎>雄穗,穗轴消化率在前两期大于茎,后与茎消化率基本相同;各器官代谢能的顺序与消化率的相同。籽粒的代谢能降低速度大于秸秆。总体上,叶片的营养价值最高,由下至上逐渐降低。

9月24日(播种后第137天)玉米籽粒产量达到最大。若以收获籽粒为目的,则应在此时期收获。收获后秸秆营养价值低,粗蛋白含量为4.03%,体外干物质消化率为53.04%,代谢能为7.09 MJ/kg。9月9日(播种后第121天)玉米粗蛋白总量最高为704 kg/hm²,9月4日(播种后第117天)玉米可消化干物质与代谢总能最高,分别为7 802 kg/hm²和107 374 MJ/hm²。若以整株作为饲料,综合考虑三种因素,玉米收获最佳期应在9月4日~9月9日之间。

在玉米籽粒收获以后,玉米下部叶片及秸秆中上部营养完全可以满足家畜生长的需要。因此,可将下部茎作为燃料,利用下部叶片及中上部秸秆作为家畜的优质粗饲料。

4 讨论

在玉米进入生殖生长期的初期,秸秆的营养开始向籽粒转移,造成秸秆营养下降迅速,但与此同时,籽粒中蛋白、淀粉及脂肪的积累,使玉米整体的营养状况下降得相对缓慢。同时,由于秸秆的逐渐衰老枯黄,产量降低,而籽粒产量在不断的增加,结果是地上的生物量在生长后期基本稳定。在传统收获时间10月1日左右,整株玉米营养价值已经下降很多。本研究中,9月29日,整株玉米粗蛋白含量为5.7%,干物质消化率为53.6%,代谢能为7.4 MJ/kg。此时收获的玉米是以损失营养为代价的。粗蛋白含量高于4%意味着牲畜采食后都可以产生氮沉积而生长^[15],因此,粗蛋白含量是评价饲草营养价值的一个非常重要的指标。在玉米营养较高时,玉米的产量尚未达到最大,导致营养总量不高。因此,需要在产量和营养之间做一个权衡。有学者认为,粗蛋白总量最大是玉米最适合的收获期^[16]。粗蛋白对于家畜的生长来说固然重要,但我认为,有足够多的粗蛋白,但消化率低,会造成粗蛋白的损失。除此以外,饲草用于代谢的能量同样不可忽视。家畜任何的代谢活动,都需要能量的供应,代谢能不足,家畜也无法正常生长。因此,需要综合考虑上述三者对家畜生长的影响。本研究中,粗蛋白总量最大时期为9月9日,而可消化干物质总量和代谢总能最大的时期却是在此之前的9月4日。在粗蛋白总量获得最大的时期,可消化的干物质总量和代谢总能变少,此时消化率也变低,粗蛋白及其他的营养组分会因此而未得到充分的利用,导致营养损失。因此我认为以玉米整株作饲料时,收获期可提前至9月4日,此时,蛋白总量虽不是最大,但消化率稍

高,可消化的干物质没有损失,家畜所需的其它营养价值有保障。综合考虑三个方面,当收获整株作为饲料时,最佳收获期应在9月4日在9月9日之间,此时玉米处于腊熟初期,籽粒乳线刚刚出现至到达1/4期间。

从空间尺度看,玉米上部营养状况优于下部,上下部营养差异最大的是粗蛋白的含量,而粗蛋白的含量又是衡量饲草营养价值的关键。孙海霞测得的松嫩草地体外干物质消化率在6月末到7月末值在40%~50%之间,在8月初到9月末值在30%~40%之间(2004年)^[17]。而在本文研究阶段,玉米秸秆消化率均高于羊草消化率。玉米秸秆对于家畜利用来说最大的限制因素就是粗蛋白含量。对于玉米秸秆中氮含量的不足,可以通过混以优质豆科牧草(如苜蓿)来解决。

因此,可以说,针对吉林西部草原严重退化、饲草不足的情况,玉米秸秆可成为很好的牧草饲料替代品,由于秸秆产量高,中上部的营养价值也不低于草原牧草,秸秆饲料的开发将为该区的畜牧业发展做出重大的贡献。

参考文献:

- [1] 郭庭双,郭军.中国粮食安全问题:警钟已经敲响[J].中国畜牧杂志,2008,44(12):24-27.
- [2] 任继周,林慧龙,侯向阳.发展草地农业确保中国食物安全[J].中国农业科学,2007,40(3):614-621.
- [3] 任继周.节粮型草地畜牧业大有可为[J].草业科学,2005,22(7):44-48.
- [4] 许志信.草地建设与畜牧业可持续发展[J].中国农村经济,2000,(3):32-34.
- [5] 韩鲁佳,闫巧娟,刘向阳,等.中国农作物秸秆资源及其利用现状[J].农业工程学报,2002,18(3):87-91.
- [6] 李维岳,才卓,赵化春.吉林玉米[M].长春:吉林科学技术出版社,2000.
- [7] 秦丽杰,尚金城,常永智.吉林省玉米秸秆的综合利用模式研究[J].生态环境,2008,(2):141-142.
- [8] 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,2004,15(9):1589-1593.
- [9] 曹春梅,闫贵龙.石灰处理秸秆的适宜剂量优选[J].中国草食动物,2005,15(4):35-37.
- [10] 潘存霞,宋代军,王永雄.不同尿素水平对氨化秸秆消化率的影响[J].畜牧与饲料科学,2007,(1):44-46.
- [11] 毛华明,朱仁俊,冯仰廉.复合化学处理提高作物秸秆营养价值的研究[J].黄牛杂志,2001,27(2):12-15.
- [12] 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[J]. Animal Feed Science & Technology, 1986, 14: 203-214.

(下转第36页)

Study on principle of dry matter accumulation and distribution in rape under different field mulching and planting patterns

ZHAO Dong-xia¹, NIU Jun-yi¹, YAN Zhi-li², ZHANG Dong-li³,
ZHANG Yan-ming¹, YU Xing-fang¹

(1. College of Agronomy, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China; 2. Hebei Normal University of Science & Technology, Qinhuangdao, Hebei 066004, China; 3. Zhangye Cash Crop Technique Popularization Station, Zhangye, Gansu 735000, China)

Abstract: A pot experiment was conducted to study mulching and planting techniques suitable to local climatic conditions in the spring rape field of dry mountainous areas of western China. The effects of five field mulching and planting patterns including full plastic-film mulching on double ridge and planting in catchment furrows (QL), full plastic-film mulching and parallel sowing (QF), film mulching on ridge and planting in film side (MC), half plastic-film mulching and parallel sowing (BM) and wheat straw mulching and parallel sowing (MF) on dry matter accumulation and distribution were compared with no mulching and flat planting (CK). The result indicated that the impact of different field mulching and planting patterns on dry matter distribution ratio of rape organs varied, and QL and QF were most significant in comparison with CK. All mulching modes were helpful for dry matter accumulation, but the effects of different mulching modes also varied. The growth rate of per plant dry weight and yield of rape under QL and QF were the highest, but not significantly under MF. Per plant dry weight and yield presented a positive correlation, and the optimum linear regression equations was built. Plastic-film mulching effectively promoted the transfer of photosynthate from stems and leaves to pods, and increased above ground dry matter accumulation and yield. Compared with CK, QL and QF increased the yield by over 30%, which should be widely popularized in production.

Keywords: rape; field mulching; dry matter accumulation; distribution; principle

(上接第 24 页)

- [13] 卢德勋. 现代反刍动物营养研究方法和技巧[M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [14] ARC. Nutrient Requirements of Farm Livestock[M]. London: ARC, 1965: 193-257.
- [15] 周青平. 青海湟水谷地玉米最佳收获期及秸秆的调制利用

[J]. 草业科学, 1997, 14(1): 53-56.

- [16] 冯仰廉, 张子仪. 低质粗饲料的营养价值及合理利用[J]. 中国畜牧杂志, 2001, 37(6): 3-5.
- [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.

Research on appropriate harvesting time of corn and utilization mode of straw forage

WANG Min-ling, ZHONG Rong-zhen, ZHOU Dao-wei*

(Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China)

Abstract: The changes in nutrients of corn at different growing periods, organs, and spatial locations were examined by determining crude protein, in vitro digestibility, and metabolic energy. The results showed that the maximum yield of corn (*Zea Mays* L.) was 67 531 kg/hm², which was observed in September 24. Therefore, this is a preferred time to harvest corn. The most total metabolic energy and total crude protein of whole-crop corn were 107 374 MJ/hm² and 704 kg/hm², and they were observed in September 4 and 9, respectively. The most total metabolic energy (107 374 MJ/hm²) of whole-crop corn was also observed from September 4 ~ 9. So this period should be the optimal time to harvest whole-crop corn as forage. Furthermore, the lower part of the plant had lower crude protein level, and the upper part of the plant had more nutrient content, so the lower and upper parts of plant should be used as fuel and forage feed, respectively.

Keywords: corn; yield; nutrition, harvesting time; straw forage