

饲草专用谷子生长动态及最佳刈割期研究

牛振刚^{1,2}, 智慧², 柴杨², 贾冠清², 张晓阳², 白素兰¹, 刁现民²

(1. 首都师范大学 生命科学院, 北京 100037; 2. 国家谷子产业技术研发中心, 中国农业科学院 作物科学研究所, 北京 100081)

摘要: 谷子在我国农牧结合区和牧区正在发展成为专用饲草作物, 但对谷子饲草的生长发育和营养变化动态缺乏研究, 对最佳刈割期不了解, 影响了谷子饲草生产和产业发展。本研究以饲草谷子 1 号为材料, 研究了饲草谷子株高、粗蛋白、粗脂肪、粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维等生长和变化动态, 结果表明: 从拔节至开花后一周的灌浆初期, 是饲草谷子鲜质量和干质量的主要形成期, 并在灌浆初期鲜质量和干质量达到最高, 分别为 33.0 t/hm² 和 12.80 t/hm²。饲草谷子粗蛋白含量在幼苗期含量最高为干草质量的 22%, 随发育进程的推进而逐渐减低, 到乳熟期干饲草粗蛋白含量降为 7.3%; 饲草谷子粗脂肪的含量随生育期的进程表现了前期含量低, 中期含量高, 后期含量再降低的动态趋势。单位面积谷子饲草的粗蛋白和粗脂肪产量均在开花后 1 周的灌浆初期达到最高, 以后开始迅速降低。粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维也在开花后的灌浆初期达到最大产量。综合本研究的结果, 开花后 7 d 左右是饲草谷子的最佳刈割期, 结合生产中的实际情况, 从开始开花至群体开花结束的灌浆初期是饲草谷子的适宜刈割期。

关键词: 谷子; 饲草; 营养动态; 收割期

中图分类号: S515.03 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2012)增刊-0223-06

Growth Dynamics and Optimum Harvest Period of Forage Foxtail Millet , *Setaria italica* (L.) Beauv.

NIU Zhen-gang¹, ZHI Hui², CHAI Yang², JIA Guan-qing², ZHANG Xiao-yang²,
BAI Su-lan¹, DIAO Xian-min²

(1. College of Life Sciences, Capital Normal University, Beijing 100037, China; 2. Millets Research & Development Center, CARS; Institute of Crop Sciences, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: Foxtail millet (*Setaria italica* Beauv.) is on its way developing as a new type of forage crops for hay production in northern China including Inner Mongolia and other cold high land regions. But the lack of knowledge about its growth and nutritive changing dynamics and optimum harvest stage hinds its development for hay production. Using Sicaoguzi 1 as sample, this paper reports our study on growth dynamics and nutritive component dynamics of foxtail millet forage, including crude protein, crude fat, crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber. Results indicated that fresh and dry matter accumulation mainly occurred during a period from the beginning of stem elongation stage to the starting stage of seed filling. The crude protein content was as high as 22% at the shooting stage 50 days after sowing, and it declined combining with the progress of plant development and a 7.3% of crude protein content was detected at the seed middle filling stage. Crude fat content of foxtail millet hay was about 1.6% to 2.2% before heading stage and it reaches 3.3% at the heading stage and then declined to 2.7% at the seed middle filling stage. Both crude protein and crude fat reaches its highest yield at the starting stage of seed filling 92 days after sowing, which is about 7 days after flowering. The yielding of crude fiber, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were also reaching their highest point at the starting stage of seed filling. So it is reasonable to suggest that the starting stage of seed filling, which is about 7 days after flowering begins, is the optimum harvesting stage for foxtail millet hay production.

Key words: Foxtail millet; Forage; Nutritive dynamics; Harvesting time

收稿日期: 2012-08-22

基金项目: 国家现代农业产业技术体系专项(CARS-07-A2.5-A2)

作者简介: 牛振刚(1982-), 男, 河北灵寿人, 硕士, 主要从事作物遗传与分子育种研究。

通讯作者: 刁现民(1963-), 男, 河北南和人, 研究员, 博士, 主要从事谷子遗传育种与分子生物学研究。

随着畜牧业的快速发展,我国对饲草的需求快速增长,特别是对优质饲草的需求更为迫切。我国栽培饲草作物主要有饲用玉米(*Zea Mays*)、高粱(*Sorghum Bicolor*)、苏丹草(*Sorghum sudanense*)和羊草(*Leymus chinensis*)等多种饲草作物。虽然谷子(*Setaria italica* (L.) Beauv)在我国一直作为饲草利用,但多是作为粮饲兼用作物,以收获粮食为主要目标,收获粮食后的秸秆再作为饲草^[1-2]。但近年来在我国内蒙古、河北、甘肃、宁夏、东北三省等地的牧区和农牧交接区,用谷子作为饲草作物来生产优质饲草发展迅速,饲草谷子正在发展成为一个新的产业^[2]。

谷子作为饲草专用作物在美国已有 160 多年的历史,1849 年由美国专利局从欧洲引进并推广,然后迅速发展为饲草作物之一,在雨养农业区是主要的饲草作物^[3]。在饲草谷子品种筛选培育、饲草谷子栽培和轮作制度等多方面,美国均开展了研究,筛选出德国金粟(Golden German millet)、西伯利亚粟(Siberia millet)和匈牙利粟(Hungarian millet)等几个饲草谷子品种,其中德国金粟至今仍是主要栽培品种,并发展到加拿大等国家^[4]。冬小麦(*Triticum aestivum* L.)是美国中西部的的主要作物之一,谷子在该地区一般作为夏季饲草作物栽培,和冬小麦轮作来增加土地的生物产量^[5-6]。虽然我国是谷子起源国,栽培和研究历史悠久,但对谷子作为饲草专用作物的研究鲜有报道。智慧等^[3]报道了对 47 个谷子品种在张家口塞北牧区的饲草产量的比较分析,筛选出跑死马、七月黄等品种适合作为饲草专用品种。Zhang 等^[7]在筛选适合我国西北地区的饲草作物试验中,比较分析了谷子不同生长时期粗蛋白等营养品质的变化。但对于饲草谷子产量和品质的生长动态与适宜刈割时期的研究未见报道,缺乏对最佳和适宜刈割期的生产指导。

不同于玉米、高粱和苏丹草等多次收割饲草作物,谷子再生能力弱,一般只进行一次收割,以收获干草为目的,这就要求更科学准确的认识其产量和品质的生长动态,确定适宜刈割期,使其产量和品质平衡到最佳点。本研究以我们培育出的饲草 1 号为材料,系统研究饲草谷子产量和品质的生长动态,并确定最佳刈割时期,以期指导饲草谷子生产。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试材料为 2005—2009 年从农家品种跑死马系统选育培育的饲草谷子 1 号。试验地点为中国农业科学院作物科学研究所顺义试验农场,2010 年 5

月 25 日播种,留苗密度 60 万株/hm²。

1.2 测定指标和方法

1.2.1 植株生育期和株高观察记载 出苗后每个品种选 10 株挂牌标记,重复 3 次,每 7 d 记录一次叶龄、株高和分蘖数的变化,取平均数进行分析。叶龄的记录按照叶片完全展开为标准。

1.2.2 干物质积累与分配 自拔节期(记录具体日期)起,每隔 7 d 随机刈割 10 株,重复 3 次,分为茎鞘和叶片两部分采收,分别称量鲜质量后,在 105℃烘箱中杀青 45 min,65℃烘至恒质量后称量干质量,用锤式粉碎机粉碎,过 40 目筛,装入自封袋中,供品质分析之用。

1.2.3 饲用价值分析 测定饲草谷子样本粗蛋白(CP)、粗脂肪(EE)、粗纤维(CF)、酸性洗涤纤维(ADF)、中性洗涤纤维(NDF)等 5 项指标。用半微量凯氏定氮法测粗蛋白质;乙醚浸提法测粗脂肪;粗纤维、酸性和中性洗涤纤维按照张丽英^[8]在《饲料分析及饲料质量检测技术》中介绍的方法进行。

1.3 统计和分析方法

利用 SAS 软件进行所测性状的统计与分析,利用 PDS 软件进行性状间的相关分析和主成分分析^[9]。

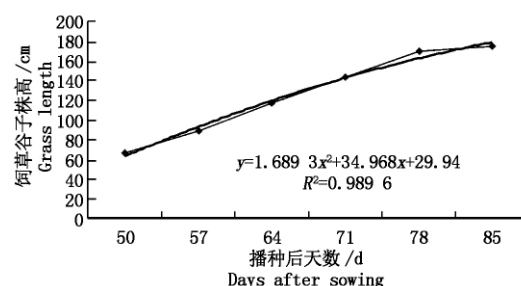


图 1 饲草谷子株高变化曲线

Fig. 1 Plant length dynamics of forage foxtail millet

2 结果与分析

2.1 饲草谷子品种株高生长动态的植物学表现

饲草谷子播种后 5 d 出苗,5~50 d 为幼苗生长期,株高生长至 62 cm,日均株高增加为 1.37 cm。50~85 d 为迅速生长期。这一阶段饲草 1 号谷子株高生长规律符合 Logistic 生长模型(图 1),拟合方程为 $y = -1.689 3x^2 + 34.968 0x + 29.94$,式中 y 为株高, x 为发育天数, $R^2 = 0.989 6$, ($P < 0.01$)。饲草谷子营养生长期(播种后 5~50 d)植株高度生长缓慢;随着植株基础物质的增加和气温升高,特别是拔节后,生长速度明显加快,50~57 d,株高日均生长量为 2.87 cm;播种后 58~64 d,株高日均增长量为 4.1 cm,至播种后 78 d 开花期前后,日均株高增

长量在 4.0 cm 左右 ,这是生物产量形成的关键时期。开花盛期至灌浆初期饲草谷子株高仍有一定增加 ,但增长量逐渐减慢 ,并在播后 85 d 左右停止株高增长(图 1) 。

2.2 饲草谷子物质积累及产量构成变化动态

从表 1 2 和图 2 的结果可以看出 ,饲草谷子在播种后的前 50 d 为幼苗生长期 ,干物质积累缓慢。当植株从幼苗期发育至拔节期时 ,鲜质量和干质量开始快速增加 ,从拔节期至开花后一周的灌浆初期 ,是饲草谷子鲜质量和干质量的主要形成期 ,并在播种后 92 d 的灌浆初期鲜质量和干质量均达到最高 ,分别达到 33.0 ,12.80 t/hm²。随后由于光合能力的下降 ,以及营养物质向籽粒中的转移和代谢消耗 ,地上部鲜质量和干质量都开始下降。

饲草谷子的产量构成由茎鞘和叶片两部分构成 ,茎鞘纤维素含量高 ,质地硬 ,对牛羊的适口性相对差 ,而叶片相对柔软 ,适口性好 ,如果能在取得最高产量的同时获得较高的叶片比例 ,可提高饲草的适口性和品质。从总的茎叶比例动态来看 ,幼苗期由于茎秆尚未发育 ,植株主要为叶片和叶鞘构成 ,这时叶片占的比例最高 ,叶片干质量占总干质量的 49.9% ,

以后由于茎秆的发育和形成 ,纤维素含量比例上升 ,叶片所占比例表现了逐渐下降的趋势。在植株干物质积累达到高水平的盛花期和灌浆初期 ,叶片占总干质量的比例分别为 32.8% 和 34.4% 。

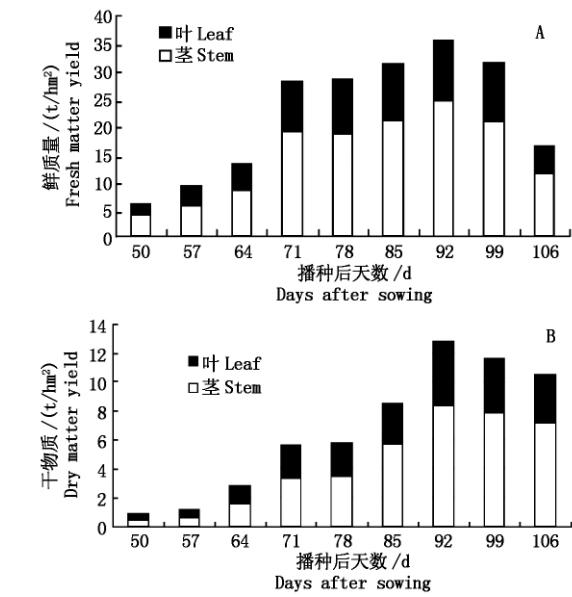


图 2 饲草鲜质量和干物质茎叶组成变化动态

Fig.2 The dynamic changes of fresh matter ,dry matter yields in leaf and stem of forage foxtail

表 1 饲草谷子茎叶鲜质量生长动态

Tab.1 Growth dynamics of fresh weight of forage foxtail millet

播种后天数/d Days after sowing	叶龄(时期) Leaf age and growth stage	总质量 /(t/hm ²) Total weight	茎鞘 Stem		叶片 Leaves	
			茎鞘质量/ (t/hm ²) Weight	占总质量 百分比/% Percentage	叶片质量/ (t/hm ²) Weight	占高质量 百分比% Percentage
50	9(幼苗)	5.43	3.50	64.4	1.93	35.6
57	12(拔节)	8.54	5.11	59.9	3.43	40.1
64	14(拔节)	12.26	7.77	63.4	4.49	36.6
71	17(拔节)	26.38	17.80	67.5	8.58	32.5
78	17(抽穗)	26.61	17.38	65.3	9.23	34.7
85	18(开花)	29.34	19.70	67.1	9.64	32.9
92	18(初浆)	33.40	23.20	69.5	10.20	30.5
99	18(盛浆)	29.60	19.60	66.2	10.00	33.8
106	18(乳熟)	15.39	10.59	68.8	4.80	31.2

表 2 饲草谷子茎叶干质量生长动态

Tab.2 Growth dynamics of dry matter of forage foxtail millet

播种后天数/d Days after sowing	叶龄(时期) Leaf age and growth stage	总质量 /(t/hm ²) Total weight	茎鞘 Stem		叶片 Leaves	
			茎鞘质量/ (t/hm ²) Weight	占总质量 百分比/% Percentage	叶片质量/ (t/hm ²) Weight	占总质量 百分比% Percentage
50	9(幼苗)	0.87	0.44	50.1	0.43	49.9
57	12(拔节)	1.16	0.60	51.8	0.56	48.1
64	14(拔节)	2.80	1.56	55.9	1.23	44.1
71	17(拔节)	5.59	3.35	59.8	2.25	40.2
78	17(抽穗)	5.74	3.45	60.1	2.29	39.9
85	18(开花)	8.51	5.73	67.2	2.79	32.8
92	18(初浆)	12.80	8.40	65.6	4.40	34.4
99	18(盛浆)	11.64	7.84	67.4	3.80	32.6
106	18(乳熟)	10.53	7.20	68.4	3.32	31.6

2.3 饲草谷子营养成分变化动态

粗蛋白是饲草最主要的营养成分,从表 3 和图 3 可以看出,饲草谷子粗蛋白含量在幼苗期含量最高,达干草质量的 22%;从拔节期开始逐渐下降,到乳熟期茎叶中粗蛋白含量降为 7.3%。从粗蛋白的总产量来说,在灌浆初期以前一直表现增加的趋势,在播后 50 d 的幼苗期粗蛋白总产量为 0.193 3 t/hm²,到开花后的灌浆初期,粗蛋白总产量达到最大值 1.241 6 t/hm²,随后开始下降,到乳熟期降到

0.768 5 t/hm²,即盛花期到灌浆初期是粗蛋白产量最高的时期。单位重量饲草谷子粗脂肪的含量随生育期的进程表现了前期含量低,中期含量高,后期含量再降低的动态趋势,总脂肪产量则表现了同粗蛋白产量相同的变化趋势,在饲草生物量产量最高的灌浆初期粗脂肪产量达到 0.396 8 t/hm²,以后开始下降,至乳熟期下降到 0.273 7 t/hm²,即盛花期到灌浆初期也是粗脂肪产量最高的时期。

表 3 饲草谷子营养成分产量变化动态

Tab.3 The dynamic changes of nutritive composition yield of forage foxtail millet

播种后天数/d Days after sowing	叶龄(叶期) Growth stage	粗蛋白/ (t/hm ²) CP	粗脂肪/ (t/hm ²) EE	粗纤维素/ (t/hm ²) CF	中性洗涤 纤维/(t/hm ²) NDF	酸性洗涤 纤维/(t/hm ²) ADF
50	950(幼苗)	0.193 3	0.019 3	0.134 5	0.594 1	0.325 2
57	12(拔节)	0.220 1	0.021 0	0.182 9	0.772 3	0.460 1
57	14(拔节)	0.397 8	0.044 8	0.442 7	2.143 2	1.420 4
71	17(拔节)	0.632 0	0.111 9	1.224 8	4.479 8	2.952 9
78	17(抽穗)	0.608 7	0.189 5	1.228 9	4.507 8	3.072 2
85	18(开花)	0.877 3	0.238 5	2.214 5	7.145 9	4.607 8
92	18(初浆)	1.241 6	0.396 8	3.225 6	10.291 2	7.155 2
99	18(盛浆)	0.989 4	0.314 3	3.166 1	9.055 9	6.937 4
106	18(乳熟)	0.768 5	0.273 7	3.347 9	9.169 9	6.622 1

表 4 饲草谷子营养成分含量变化动态

Tab.4 The dynamic change of nutritive composition of forage foxtail millet

播种后天数/d Days after sowing	叶龄(时期) Growth stage	粗蛋白/% CP	粗脂肪/% EE	粗纤维素/% CF	中性洗涤纤维/% NDF	酸性洗涤纤维/% ADF
50	9(幼苗)	22.0 ± 0.050	2.2 ± 1.188	15.3 ± 0.216	67.6 ± 0.065	37.0 ± 0.358
71	12(拔节)	18.9 ± 0.037	1.8 ± 0.258	15.7 ± 0.029	66.3 ± 0.341	39.5 ± 0.128
64	14(拔节)	14.2 ± 0.046	1.6 ± 0.062	15.8 ± 0.048	76.5 ± 0.110	50.7 ± 0.309
71	17(拔节)	11.3 ± 1.748	2.0 ± 0.520	21.9 ± 0.701	80.1 ± 2.206	52.8 ± 0.998
78	17(抽穗)	10.6 ± 0.212	3.3 ± 1.443	21.4 ± 0.356	78.5 ± 1.089	53.5 ± 1.514
85	18(开花)	10.3 ± 0.215	2.8 ± 0.698	26.0 ± 0.183	83.9 ± 0.261	54.1 ± 0.907
92	18(初浆)	9.7 ± 0.544	3.1 ± 0.352	25.2 ± 0.142	80.4 ± 1.014	55.9 ± 0.321
99	18(盛浆)	8.5 ± 0.509	2.7 ± 0.047	27.2 ± 1.774	77.8 ± 0.448	59.6 ± 0.460
106	18(乳熟)	7.3 ± 0.251	2.6 ± 0.041	31.8 ± 0.913	87.1 ± 0.014	62.9 ± 0.742

饲草谷子的粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维的含量变化动态基本表现了相同的趋势。粗纤维含量在苗期为干质量的 15.3%,到乳熟期增长为 31.8%;中性洗涤纤维的含量变化相对平缓,由苗期的 67.6%增长为乳熟期的 87.1%;酸性洗涤纤维则由苗期的 37.0%增长为乳熟期的 62.9%。从总产量来看,饲草谷子的粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维也在播后 92 d 的灌浆初期达到最高值,分别为 3.34 9.19 6.62 t/hm²。

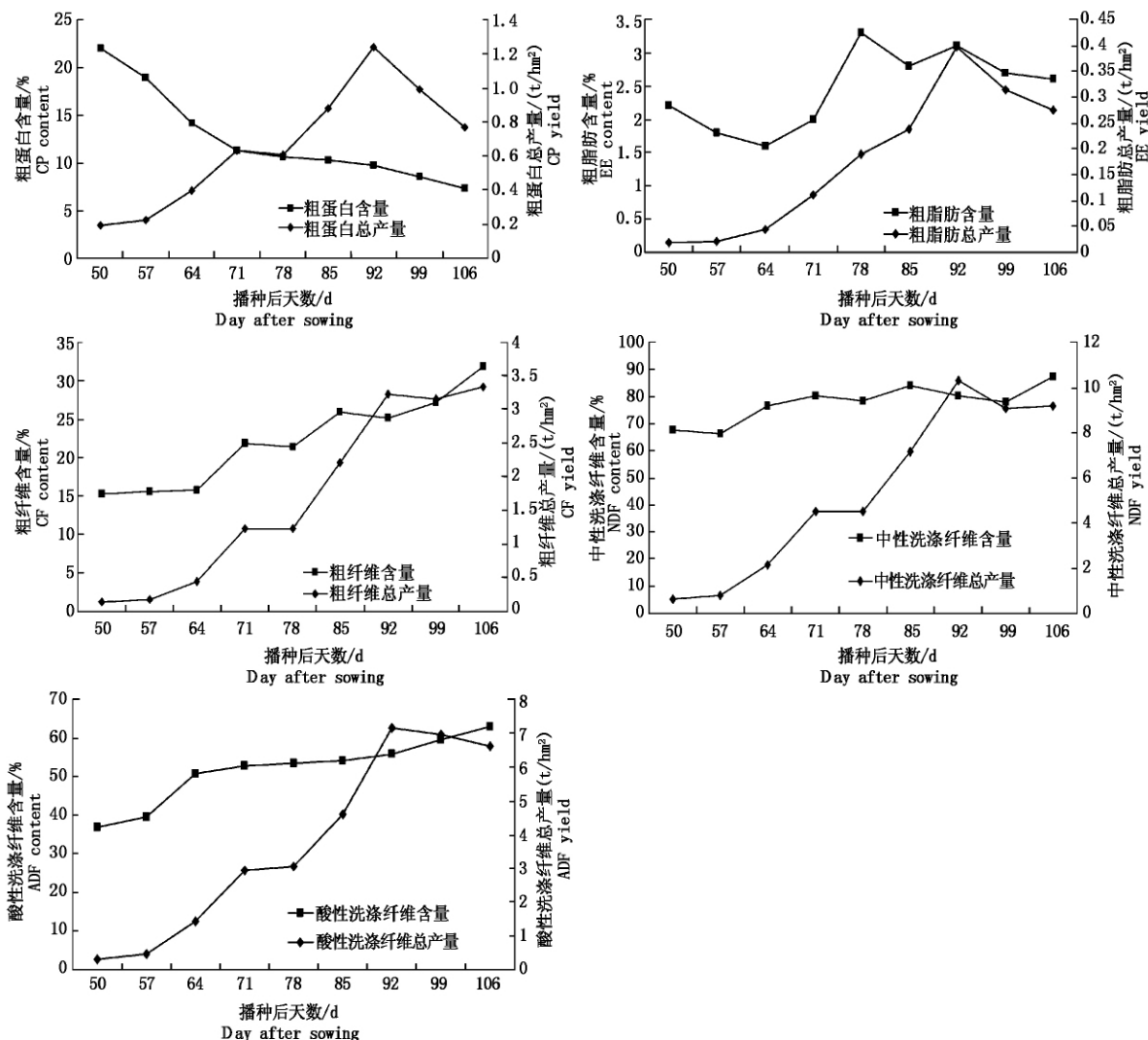
3 讨论与结论

一般来说,饲草作物随着籽粒的成熟度提高,牧

草和农作物秸秆的粗蛋白和粗脂肪含量降低,同时纤维性物质含量增高,容易利用的营养成分含量降低,消化能减少^[10-11]。虽然总趋势是一致的,但不同饲草植物种类的具体情况可能存在一定的差异。如王克平^[12]对羊草的研究表明,羊草的粗蛋白含量在抽穗期达到高峰,而粗脂肪含量在生育后期较高。任勇等^[13]对一种人工创制的四倍体饲草玉米进行了生长动态及适宜收割期的研究,发现抽雄始期生物产量和营养品质均较高。从本研究的结果来看,饲草谷子的粗蛋白在苗期含量最高,随生长发育的进程逐渐表现降低;这同 Zhang 等^[14]的结果是一致的。而饲草谷子的粗脂肪含量在苗期较低,在开花

后的灌浆初期含量最高,随后随着营养物质向籽粒

中的转运而减低。



A. 粗蛋白; B. 粗脂肪; C. 粗纤维; D. 中性洗涤纤维; E. 酸性洗涤纤维。

A. CP; B. EE; C. CF; D. NDF; E. ADF.

图3 饲草谷子营养成分含量和单位面积产量的生长动态

Fig. 3 Growth dynamics of content and yield of nutritive components of foxtail millet.

饲草生产的根本目的是在单位面积收获最大的营养物质产量,多数情况下饲草的收割期一般在开花期前后,此时生物产量和营养品质有一个较好的平衡,但对不同的饲草作物和同一饲草作物的不同品种,最佳收割期可能是不同的。因此,多种饲草作物开展了饲草作物营养动态变化和最佳收割期的研究,如播娘蒿(*Descurainia sophia*)的最佳刈割期在开花期^[15]。对普通青贮玉米来说,生产上为获得最高生物产量,一般在3/4乳线期收割。但闫贵龙等^[16]对高油玉米品种298的适宜收割期的分析表明,该品种在籽粒成熟后的4/4乳线期是最佳收割期;而任勇等^[13]对一种人工创制的四倍体饲草玉米进行的生长动态及适宜收割期的研究发现,该品种抽雄始期生物产量和营养品质均较高,是最佳的收割期^[14]。对饲用油菜(*Brassic rape*)、黑麦(*Secale*

cereale)等作物的营养变化动态也有研究报道^[17-18]。对饲草谷子来说,至今未见适宜收割期的研究报告。从本研究的分析可以看出,饲草谷子1号在播后92 d的灌浆初期主要营养物质粗蛋白和粗脂肪均达到最大值(表4和图3),且叶片占干草的比例达34.4%,即饲草的适口性品质也较高,能够实现产量、营养品质和饲喂品质的平衡,且粗纤维、中性洗涤纤维和酸性洗涤纤维也在此时为最大值,所以可以确定此时期为最佳收割期。谷子从开始开花到开花结束需要7~10 d左右的时间,所以该时期基本处在群体开花即将结束的时期,此时期以后饲草谷子的粗蛋白和粗脂肪产量由于代谢消耗和向籽粒转移而迅速降低(图3),所以饲草谷子的刈割一定要在此时期之前,考虑到实际生产中多种因素的影响和实际可操作性,饲草谷子的适宜收割期为

从开始开花到开花结束前的时间段 在该阶段刈割能够保证最高的饲草产量和相对优良的饲草品质。

参考文献:

- [1] 李荫梅. 谷子育种学[M]. 北京: 中国农业出版社, 22-43.
- [2] 刁现民. 中国谷子产业与产业技术体系[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2011, 20-30.
- [3] Curtis J J, Brandon J F, Weihing R M. Foxtail millet in Colorado [J]. Colorado Experiment Station Bulletin, 1940, 461: 3-12.
- [4] McCartney D, Fraser J, Ohama A. Potential of warm-season annual forages and Brassica crops for grazing: A Canadian Review[J]. Can J Anim Sci, 2009, 89: 431-440.
- [5] Boshong D L, Peeper T F. Potential for using no-till to increase forage and grain yields of winter wheat [J]. 26th Southern Conservation Tillage Conference, 2004, 188-192.
- [6] Saseendran S A, Nielsen D C, Lyon D J *et al.* Modeling responses of dryland spring triticales, proso millet and foxtail millet to initial soil water in the High Plains [J]. Field Crops Research, 2009, 113: 48-63.
- [7] Zhang Q P, Shen Y Y, Nan Z B *et al.* Production and nutritive value of alternative annual forage crop options in a rainfed region of western China [C]//In "Food Security from Sustainable Agriculture" Edited by H. Dove and R. A. Culvenor. Proceedings of 15th Agronomy Conference, New Zealand, 2010, 15-18.
- [8] 张丽英. 饲料分析及饲料质量检测技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002: 63-70.
- [9] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002: 280-311.
- [10] Kellems R O, Church D C. Livestock feeds and feeding[M]. 5th ed. Upper Saddle River N J: Prentice Hall, 2002, 126-127, 153-157.
- [11] Bal M A, Coors J G, Shaver R D. Impact of the maturity of corn for use as silage in the diets of dairy cows on intake, digestion and milk production [J]. Journal of Dairy Science, 1997, 80(10): 2497-2503.
- [12] 王克平, 姜玉杰, 成文革, 等. 羊草(*Leymus chinensis*)营养物质生长动态变化研究[J]. 草业科学, 2005, 22(8): 24-27.
- [13] 任勇, 陈柔屹, 唐祈林, 等. 新型饲草玉米生长动态及收割期的研究[J]. 作物学报, 2007, 33(8): 1360-1365.
- [14] Zhang Q, Shen Y, Nan Z *et al.* Production and nutritive value of alternative annual forage crop options in a rainfed region of western China [C]. Dove H, Culvenor R A eds. Food Security from Sustainable Agriculture. Proceedings of 15th Agronomy Conference, Lincoln, New Zealand, 2010: 15-18.
- [15] 李孟良, 高志伟. 播娘蒿不同生育期鲜草产量和营养价值[J]. 草业学报, 2004, 13(5): 66-69.
- [16] 闫贵龙, 孟庆翔, 陈绍江. 高油 298 玉米秸秆的适宜收获期及其营养价值与其他品种玉米秸秆的比较优势[J]. 畜牧兽医学报, 2006, 37(3): 250-256.
- [17] 杨祈峰, 腾怀渊, 牛菊兰, 等. [J]草业学报, 2003, 12(2): 87-92.
- [18] 李志坚, 胡跃高. 饲用黑麦生物学特性及其产量营养动态变化[J]. 草业学报, 2004, 13(1): 45-51.