

Regression Analysis of Different Sowing Times on Plant Height, Leaf Stem Ratio and DW/FW Ratio of Forage Sorghum in Autumn Idle Land

Hanzhang Zhou¹, Hongxia Liu², Huan Liu³, Zhimin Wei¹, Shenglin Hou^{1*}, Shunguo Li^{1*}

¹Institute of Millet Crops, Hebei Academy of Agriculture and Forestry Sciences, National Foxtail Millet Improvement Center, Minor Cereal Crops Laboratory of Hebei Province, Shijiazhuang Hebei

²Vocational and Technical Education Center of Shenze County, Shenze Hebei

³Shenze County Agriculture Bureau, Shenze Hebei

Email: zhz5678@126.com, [†]shenglinhou@aliyun.com, [†]lisliunguo76@163.com

Received: Nov. 8th, 2017; accepted: Nov. 22nd, 2017; published: Nov. 29th, 2017

Abstract

[Objective] The aim was to explore the linear regression prediction model of different sowing times and plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum in autumn idle land. **[Method]** To different sowing times and plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum for regression model analysis were simulated and compared by employing field plot experiment and linear regression analysis. **[Results]** The results showed that the forage sorghum sowing times on plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio have important influence, and its plant height and DW/FW ratio were decreased with the delay of sowing times, and its leaf stem ratio were increased with the delay of sowing times. To construct the regression model between sowing times and plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio, regression model of the plant height and sowing times is $\hat{y}_h = 234.725 - 5.005x$, model of the leaf stem ratio and sowing is $\hat{y}_{leaf} = 0.096 + 0.019x$, model of the DW/FW ratio and sowing is $\hat{y}_{dry} = 0.305 - 0.002x$. Between July 23rd and August 30th the sowing times were delayed 1 d, forage sorghum plant height was reduced by 5.005 cm on average, and the average leaf stem ratio was increased by 0.019, and the average DW/FW ratio was reduced by 0.002. **[Conclusion]** This study has constructed the three regression models, and will provide theoretical support for the production of Forage Sorghum in Autumn Idle Land.

Keywords

Autumn Idle Land, Forage Sorghum, Sowing Time, Plant Height, Leaf Stem Ratio, DW/FW Ratio, Regression Analysis

*通讯作者。

播期对秋闲田饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比的回归分析

周汉章¹, 刘红霞², 刘 环³, 魏志敏¹, 侯升林^{1*}, 李顺国^{1*}

¹河北省农林科学院谷子研究所, 国家谷子改良中心, 河北省杂粮研究重点实验室, 河北 石家庄

²深泽县职业技术教育中心, 河北 深泽

³深泽县农业局, 河北 深泽

Email: zh5678@126.com, shenglinhou@aliyun.com, lisliunguo76@163.com

收稿日期: 2017年11月8日; 录用日期: 2017年11月22日; 发布日期: 2017年11月29日

摘 要

[目的]为了探索播期与秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的线性回归预测模型。[方法]采用田间试验与线性回归分析的方法,对播期与饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的关系进行模拟和比较。[结果]播期对秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比具有重要影响,其株高、干鲜比随着播期的推迟而降低,其叶茎比随着播期的推迟而上升。构建了播期与株高、叶茎比、干鲜比关系的回归模型,株高与播期的回归模型为 $\hat{y}_H = 234.725 - 5.005x$,叶茎比与播期的回归模型为 $\hat{y}_{叶} = 0.096 + 0.019x$,干鲜比与播期的回归模型为 $\hat{y}_F = 0.305 - 0.002x$ 。在7月23日至8月30日之间的播期每推迟1 d,饲用高粱的株高平均降低5.005 cm,叶茎比平均增加0.019,干鲜比平均减少0.002。[结论]本研究构建的3个回归模型,为秋闲田饲用高粱生产提供了理论支撑。

关键词

秋闲田, 饲用高粱, 播期, 株高, 叶茎比, 干鲜比, 回归分析

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

饲用高粱是新兴的一种饲料作物[1],植株高大,茎叶繁茂,具有抗旱、耐涝、耐瘠、耐盐碱的特性[2][3]。其茎叶作为草食家畜的优质粗饲料[4],既可青饲,也可青贮或晒制成干草产品。秋闲田在北方一般指于7~8月份播种的作物、其籽实不能正常成熟的农田。积极开发利用秋闲田生产饲用高粱,有利于缓解春秋季节饲草不足的问题[5],对提高农牧民收入、促进畜牧业发展具有重要的作用。

多年来,有关作物回归分析的研究,孙耀中[6]“介绍了用直线回归分析测定品种表现型稳产性的方法”,段有厚等[7]对8个高粱新品种的产量进行了线性回归分析,王志良等[8]建立了水稻生育期需水量与气温之间的模糊回归方程并对结果进行了比较;刘环等[9]对夏谷籽粒产量与播期的关系进行了回归分析,明确了产量与播期的关系;周汉章等[10]对夏谷田杂草为害损失回归的预测模型进行了研究;韩文革

等[11]对玉米品种进行了聚类和逐步回归分析,认为株高是影响产量的4个性状之一;陈勇[12]通过玉米主要株型性状与产量的相关和回归分析,证明株高与单株产量呈正相关;周青平等[13]通过聚类分析、相关分析和多元逐步回归分析,明确了燕麦株高与草产量呈现明显的正相关关系,为农作物科研、推广发挥了重要作用。目前,有关秋闲田饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比与播期关系的研究尚未见报道。饲用高粱株高、茎叶比、干鲜比是其重要的农艺性状,本试验以抗4高粱(*Sorghum bicolor* cv. Kang No.4)为供试材料对其进行研究,旨在探求秋闲田饲用高粱不同播期与株高、叶茎比与干鲜比的关系,为秋闲田饲用高粱生产提供理论数据与技术支撑。

2. 试验材料与方法

2.1. 试验材料

饲用高粱品种为抗4(河北省农林科学院谷子研究所/国家高粱改良中心河北分中心提供)。

2.2. 试验地概况

试验于2015年在河北石家庄市栾城区东客村试验田进行。试验田位于北纬37°58'32",东经114°36'33",海拔56m;年平均气温12.8℃,大于或等于10℃有效积温4232℃,年平均降水量474.9mm(主要集中在6~8月份),年平均无霜期205d,年日照总时数2521.9h。据栾城区天气预报,2015年平均气温17℃,≥10℃有效积温3429.0℃,年平均降水量972.9mm,年日照总时数1939.34h,初霜期10月29日;饲用高粱生长期内的光、热、水等气象资料详见表1。试验田地势平整,排灌方便,墒情适宜,肥力中等;土质为壤土,土壤有机质含量1.73%,全氮含量1.12g/kg,碱解氮79.5mg/kg,速效磷22.3mg/kg,速效钾113.9mg/kg,土壤pH值7.2。前茬作物为油菜,7月20日收获。按试验设计于7月23日播种第一期饲用高粱,播种方式均为条播,每行定量播种,播种量为20kg/hm²。

2.3. 试验设计

秋闲田饲用高粱播期设为:7月23日、7月29日、8月6日、8月14日、8月22日、8月30日等6个处理,3次重复,采用随机区组排列,小区面积20m²(行长5m、行距40cm、10行区)。各个播期均于5叶期定植,留苗密度均为1.00万株/hm²~1.05万株/hm²。

2.4. 测定项目与方法

2.4.1. 株高

在10月28日刈割,刈割前每个小区选取3行,每行连续选取正常植株10株,用直尺测量株高。

Table 1. Meteorological data of forage sorghum growth period in autumn idle land

表 1. 秋闲田饲用高粱生育期对应的气象资料

播期 (月/日)	生长期 (d)	生育期气象概况		
		日照时数(h)	有效积温(℃)	降水量(mm)
7/23	97	518.67	1442.00	428.64
7/29	91	485.11	1310.00	386.89
8/6	83	439.52	1150.00	330.71
8/14	75	393.93	990.00	274.53
8/22	67	348.34	830.00	218.35
8/30	59	304.42	676.00	163.96

2.4.2. 叶茎比

将测量株高的样本全部刈割、混匀，然后从每小区随机取 10 株样本，将其茎与叶(含穗)按两部分分开，分别编号标记(注明品种、处理编号、刈割与取样时间)，于通风遮雨处风干称重，叶茎比 = 风干后叶的重量/风干后茎的重量。

2.4.3. 干鲜比

将测量株高的样本全部刈割、混匀，然后从每小区随机取 10 株样本，分别编号标记(注明品种、处理编号、刈割与取样时间)，称量鲜重后于通风遮雨处风干至含水量 13%~15%时称量干重，干鲜比 = 风干后植株总重量/风干前植株总鲜重。

2.5. 数据分析与模型构建

对试验数据采用 Microsoft Excel 2010 软件整理，采用 IBM.SPSS.Statistics.v22 软件进行统计分析、制图[14]。首先通过 SPSS 22 的“日期和时间向导”对播期进行数据转换，以 2015 年 7 月 20 日为转换基准日，将各播期依次转换为 3, 9, 17, 25, 33, 41(单位: d)，再采用 SPSS 22 对数据进行多重比较(LSD 法)、Pearson 相关分析与“曲线估计”[14]，最后以决定系数 R^2 (拟合优度)值最大、F 值最大为原则，评价并筛选最佳数学模型。对不同播期对饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的影响[14] [15]的分析结果以“平均值 \pm 标准差”表示。

3. 结果与分析

3.1. 播期及其气象资源与秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的关系

表 2 为秋闲田饲用高粱各播期的株高、叶茎比、干鲜比的调查结果，经方差分析(表 3)，播期组间的饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比的 F 值分别为 14628.079、1835.144、99.464，显著值(Sig.)均为 0.000(即 $P < 0.01$)，差异极显著，表明不同播期对饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比具有非常重要的影响。经相关分析(表 4)，播期转换值与秋闲田饲用高粱株高、干鲜比的相关系数(R 值)分别为-0.977、-0.872，均呈负相关，差异极显著，表明秋闲田饲用高粱株高、干鲜比均随着播期的推迟呈现下降趋势；播期转换值与秋闲田饲用高粱叶茎比的相关系数为 0.969，呈非常显著的正相关，表明秋闲田饲用高粱叶茎比随着播期的推迟呈现上升趋势，株高、叶茎比与干鲜比与播期的关系十分密切。

由表 4 可见，秋闲田饲用高粱生育期内的日照时数、有效积温、降水量与株高、叶茎比、干鲜比之间均具有高度的相关性，其中，日照时数、有效积温、降水量与株高的相关系数(R 值)分别为 0.978、0.977、0.978，均呈极显著的正相关；日照时数、有效积温、降水量与干鲜比相关系数(R 值)分别为 0.875、0.875、0.875，也均呈极显著的正相关；日照时数、有效积温、降水量与叶茎比相关系数(R 值)分别为-0.969、-0.967、-0.969，均呈非常显著的负相关。秋闲田饲用高粱生长期内的日照时数、有效积温、降水量与播期转换值的相关系数(R 值)均为-1.000，近乎完全负相关关系，表明秋闲田饲用高粱生育期内日照时数、有效积温、降水量不仅随着播期的推迟而降低，而且播期对秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的影响可用相关气象资料进行阐释。譬如，当播期偏晚时，日照时数的减少则减少了饲用高粱的光合作用，有效积温降低则降低了饲用高粱生长发育对热量的需求，降水量降低可导致田间环境干燥则不利于饲用高粱的生长发育，进而影响秋闲田饲用高粱的株高、叶茎比、干鲜比。

3.2. 播期对秋闲田饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比的影响

3.2.1. 不同播期对饲用高粱株高的影响

由表 5 可见，秋闲田饲用高粱于 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日、8 月 30

Table 2. Different sowing times on plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum in autumn idle land
表 2. 秋闲田饲用高粱不同播期的株高、叶茎比、干鲜比的结果

指标	播期		密度 (株/20m ²)	调查结果			平均
	(月/日)	转换值(d)		I	II	III	
株高(cm)	7/23	3	309.00	210.00	209.00	212.00	210.33
	7/29	9	307.67	200.00	202.00	201.00	201.00
	8/6	17	309.33	170.00	172.00	173.00	171.67
	8/14	25	307.33	90.00	93.00	91.00	91.33
	8/22	33	306.33	60.00	63.00	61.00	61.55
	8/30	41	307.67	40.00	42.00	41.00	41.00
叶茎比	7/23	3	309.00	0.2045	0.2143	0.2019	0.2069
	7/29	9	307.67	0.2440	0.2373	0.2460	0.2424
	8/6	17	309.33	0.3347	0.3212	0.3231	0.3263
	8/14	25	307.33	0.6851	0.6600	0.7000	0.6817
	8/22	33	306.33	0.7236	0.7043	0.7399	0.7226
	8/30	41	307.67	0.8706	0.8542	0.8909	0.8719
干鲜比	7/23	3	309.00	0.3028	0.2962	0.3046	0.3012
	7/29	9	307.67	0.2969	0.3010	0.3004	0.2994
	8/6	17	309.33	0.2749	0.2854	0.2797	0.2800
	8/14	25	307.33	0.2562	0.2559	0.2462	0.2528
	8/22	33	306.33	0.2354	0.2410	0.2346	0.2370
	8/30	41	307.67	0.2500	0.2623	0.2581	0.2568

Table 3. Tests of Between-Subjects effects

表 3. 主体间效应的检验

源	株高			叶茎比			干鲜比		
	均方	F	Sig.	均方	F	Sig.	均方	F	Sig.
播期	16415.96	14628.08	0.000	0.242	1835.14	0.000	0.002	99.46	0.000
重复	5.72	5.10	0.030	0.001	3.97	0.054	2.874E-05	1.36	0.300
误差	1.1212			0.000			2.111E-05		

Table 4. Correlation of sowing times and meteorological factors and main agronomic characters of forage sorghum growth period in autumn idle land

表 4. 秋闲田饲用高粱生育期内主要农艺性状与播期及其气象因子的相关性

项目	株高	叶茎比	干鲜比	日照时数	有效积温	降水量
播期转换值(d)	-0.977**	0.969**	-0.872**	-1.000**	-1.000**	-1.000**
日照时数(h)	0.978**	-0.969**	0.875**			
有效积温(°C)	0.977**	-0.967**	0.875**			
降水量(mm)	0.978**	-0.969**	0.875**			

注: **. 在置信度(双测)为 0.01 时, Pearson 相关性是显著的。

Table 5. Comparison of between sowing times and the previous sowing time on plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum in autumn idle land
表 5. 各播期与其前一个播期的秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的结果比较表

指标	播期		统计结果											
	(月/日)	转换值(d)	7月23日 (增减)	(%)	7月29日 (增减)	(%)	8月6日 (增减)	(%)	8月14日 (增减)	(%)	8月22日 (增减)	(%)		
株高 (cm)	7/23	3	210.33	1.53	aA	-								
	7/29	9	201.00	1.00	bB	-9.3333*	-4.44							
	8/6	17	171.67	1.53	cC	-38.6667*	-18.58	-29.3333*	-14.59					
	8/14	25	91.33	1.53	dD	-119.0000*	-56.58	-109.6667*	-54.56	-80.3333*	-46.80			
	8/22	33	61.33	1.53	eE	-149.0000*	-70.74	-139.6667*	-69.38	-110.3333*	-64.14	-30.0000*		
	8/30	41	41.00	1.00	fF	-169.3333*	-80.51	-160.0000*	-79.6	-130.6667*	-76.12	-50.3333*		
叶茎比	7/23	3	0.207	0.007	aA	-								
	7/29	9	0.242	0.005	bB	0.03555*	17.18							
	8/6	17	0.326	0.007	cC	0.11943*	57.73	0.08388*	34.61					
	8/14	25	0.682	0.020	dD	0.47484*	229.5	0.43929*	181.22	0.35540*	108.92			
	8/22	33	0.723	0.018	eE	0.51574*	249.27	0.48019*	198.10	0.39630*	121.45	0.04090*		
	8/30	41	0.872	0.018	fF	0.66503*	321.42	0.62948*	259.68	0.54559*	167.21	0.19019*		
干鲜比	7/23	3	0.301	0.004	aA	-								
	7/29	9	0.299	0.002	aA	-0.00180	-0.59							
	8/6	17	0.280	0.005	bB	-0.02123*	-7.04	-0.01942*	-6.49					
	8/14	25	0.253	0.006	cC	-0.04855*	-16.08	-0.04675*	-15.58	-0.02732*	-9.72			
	8/22	33	0.237	0.004	dD	-0.06426*	-21.31	-0.06246*	-20.85	-0.04304*	-15.35	-0.01571*		
	8/30	41	0.257	0.006	cC	-0.04448*	-14.74	-0.04268*	-14.24	-0.02325*	-8.29	0.00407		

注: 1.表中字母代表纵向比较, 小写和大写字母分别代表0.05和0.01水平, 字母相同者差异不显著, 反之显著。2.*. 均值差的显著性水平为0.05。

日播种的株高依次为 210.33 cm、201.00 cm、171.67 cm、91.33 cm、61.55 cm、41.00 cm，其株高随着播期的推迟呈现下降趋势。7月23日播种的植株高度最高，与其他各个播期的株高相比，后者的株高降幅为 4.44%~80.51%，差异极显著。8月30日播种的株高最矮，与7月23日、7月29日、8月6日、8月14日、8月22日播种的株高相比，其高度分别降低 80.51%、79.6%、76.12%、55.11%、33.39%，表明秋闲田饲用高粱随着播期不断推迟，光照强度越来越低、日照时数越来越少、有效积温与降水量也越来越小，光热水不能满足饲用高粱生长的需求，导致植株高度降低。

3.2.2. 播期对饲用高粱叶茎比的影响

由表 5 可见，秋闲田饲用高粱于 7月23日、7月29日、8月6日、8月14日、8月22日、8月30日播种的叶茎比依次为 0.207、0.242、0.326、0.682、0.723、0.872，其叶茎比随着播期的推迟呈现上升趋势。7月23日播种的叶茎比最小，与其他各个播期的叶茎比相比差异极显著。8月30日播种的叶茎比最大，与7月23日播种的最小叶茎比相比增幅为 0.665 (折合 321.42%)，与8月22日播种的较大叶茎比相比增幅为 0.149 (折合 20.66%)，表明秋闲田饲用高粱随着播期不断推迟，日照时数越来越少、有效积温越来越小，降水量也越来越小，生育进程加快，导致节间缩短，叶片数量增加，从而提高了秋闲田饲用高粱的叶茎比。

3.2.3. 播期对饲用高粱干鲜比的影响

由表 5 可以看出，秋闲田饲用干鲜比于 7月23日、7月29日、8月6日、8月14日、8月22日、8月30日播种的株高依次为 0.301、0.299、0.280、0.253、0.237、0.257，其干鲜比随着播期的推迟呈现下降趋势。7月23日播种的干鲜比最高(0.301)，比7月29日播种的干鲜比(0.299)仅高出 0.59%，差异不显著，比其他播期的干鲜比高出 7.04%~21.31%，差异极显著，表明种植秋闲田饲用高粱宜早不宜晚。7月29日播种的干鲜比位列第二，比其他播期的干鲜比高出 6.49%~20.85%，差异极显著。8月22日播种的干鲜比最低(0.237)，与其他播期的干鲜比进行比较，降幅为 6.24%~21.31%，差异极显著。8月30日播种的干鲜比为 0.257，与8月14日播种的干鲜比差异不显著，但与其他播期的干鲜比差异极显著，表明8月30日播种的饲用高粱的生长处于降水量较少的干燥阶段，比较干燥的环境导致植株含水量较低，干鲜比不降反升的状况。

3.3. 播期与秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比回归模型的建立及其分析

根据表 2 试验数据，利用 SPSS 22 软件绘制了饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比三项指标对播期的散点图(图 1)。由散点图可以看出，饲用高粱的株高、叶茎比、干鲜比三项指标对播期的关系均近似线性关系。为构建最适宜的回归模型，对饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的实测值，采用 SPSS22 的“曲线估计” [14]模拟了 10 个方程式(表 6)，其显著性(Sig. < 0.01)均达到了非常显著的水平，均具有生物学意义。其中，株高的线性方程式($Y = a + bX$)与二次项方程式($Y = a + bX + cX^2$)的决定系数 R^2 (拟合优度)值最大，均为 0.955，但线性方程式的 F 值最大(340.416)；叶茎比的线性方程式与二次项方程式的决定系数 R^2 分别为 0.938、0.939，而线性方程式的 F 值最大(244.116)；干鲜比的线性方程式与二次项方程式的决定系数 R^2 分别为 0.761、0.841，线性方程式的 F 值最大(50.992)。由于线性方程式比二次项方程式运算简单易行、快捷准确，又因为线性模型模拟的株高、叶茎比、干鲜比的决定系数 R^2 值较大，F 值最大，所以，线性模型不仅计算简捷、精准，而且拟合度极高，拟合效果极好，表明可用线性回归模型 $Y = a + bX$ 进行分析，式中，Y 为饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比三项指标，X 为饲用高粱播期转换值，a、b 为回归截距与斜率。

由表 7 可见，经过对有关模型回归系数的 t 检验，株高、叶茎比、干鲜比对播期转换值的非标准化

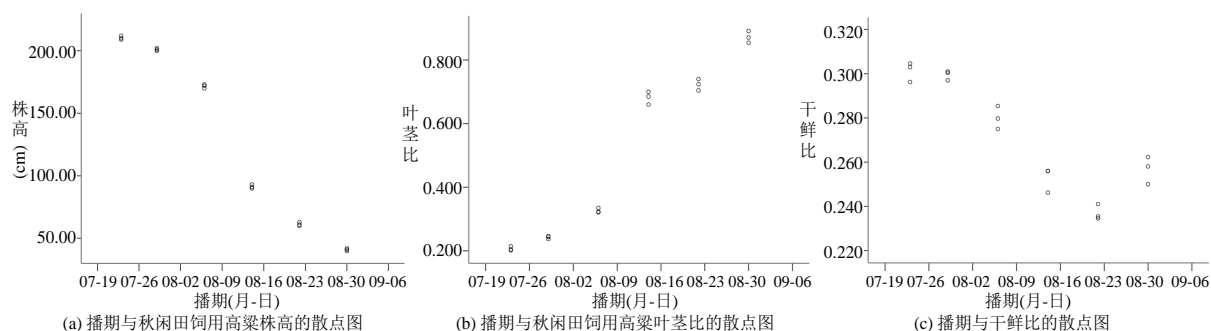


Figure 1. The scatter graph of sowing times on plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum
图 1. 秋闲田饲用高粱株高、叶茎比与干鲜比对播期的散点图

Table 6. Curve estimation and model Summary

表 6. 曲线估计的模型摘要

方程式	株高(cm)			叶茎比			干鲜比		
	R ²	F	Sig.	R ²	F	Sig.	R ²	F	Sig.
线性(L)	0.955	340.416	0.000	0.938	244.116	0.000	0.761	50.992	0.000
对数	0.806	66.579	0.000	0.779	56.303	0.000	0.745	46.702	0.000
逆模型(N)	0.520	17.313	0.001	0.495	15.678	0.001	0.527	17.860	0.001
二次项(Q)	0.955	159.851	0.000	0.939	115.518	0.000	0.841	39.538	0.000
复合(U)	0.953	324.743	0.000	0.936	234.388	0.000	0.747	47.313	0.000
幂	0.729	43.067	0.000	0.851	91.438	0.000	0.726	42.471	0.000
S	0.431	12.122	0.003	0.592	23.171	0.000	0.510	16.671	0.001
增长(H)	0.953	324.743	0.000	0.936	234.388	0.000	0.747	47.313	0.000
指数分布	0.953	324.743	0.000	0.936	234.388	0.000	0.747	47.313	0.000
对数	0.953	324.743	0.000	0.936	234.388	0.000	0.747	47.313	0.000

Table 7. Regression coefficient and its significant analysis (t-test)

表 7. 回归系数及其显著性分析(t 测验)

模型		非标准化系数		标准系数	t	Sig.
		B	SE.	beta		
株高	(常量)	234.725	11.447		20.505	0.000
	播期转换值	-5.005	0.280	-0.977	-17.881	0.000
	重复	0.750	4.521	0.009	0.166	0.870
叶茎比	(常量)	0.096	0.051		1.857	0.083
	播期转换值	0.019	0.001	0.969	15.141	0.000
	重复	0.003	0.020	0.010	0.161	0.874
干鲜比	(常量)	0.305	0.010		31.846	0.000
	播期转换值	-0.002	0.000	-0.872	-6.920	0.000
	重复	0.001	0.004	0.020	0.157	0.877

系数(B)分别为-5.005、0.019与-0.002, 显著值 Sig. = 0.000 < 0.01, 差异均达到了极显著水平, 表明该系数能较好地解释秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比分别与播期的关系。据此整理构建了饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比与播期的回归模型, 其中, 株高与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{高}} = 234.725 - 5.005x$, 叶茎比与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{叶}} = 0.096 + 0.019x$, 干鲜比与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{干}} = 0.305 - 0.002x$ 。由这3个模型可知, 在7月23日至8月30日的播期每推迟1 d, 饲用高粱的株高平均降低 5.005 cm, 叶茎比平均增加 0.019, 干鲜比平均减少 0.002, 这与实测结果高度吻合(图 2)。

4. 结论与讨论

4.1. 明确了播期对秋闲田饲用高粱株高的影响

秋闲田饲用高粱生产以青刈饲喂或青贮为主, 旨在生产草食家畜需要的优质饲草料。播期是决定秋闲田饲用高粱植株高度的重要因素, 对植株高度具有重要影响。本试验7月23日播种的植株最高为210.33 cm, 8月30日播种的植株最矮为41.00 cm, 表明秋闲田饲用高粱株高随着播期的推迟呈现直线下降的变化趋势, 生产上宜早播不宜晚播。播种偏晚时, 其生育期内的光照强度不足、日照时数减少、有效积温降低、降水量减小, 不能满足饲用高粱生长对光、温、水的需求, 对其生长越不利, 最终影响株高及其生物产量。株高是饲用高粱重要的农艺性状, 也是其生物产量的主要组成部分[16] [17], 既可作为衡量饲用高粱生产性能的重要指标[18], 又可作为选择适宜品种及其播期的重要指标, 应予高度重视。

4.2. 明确了播期对秋闲田饲用高粱叶茎比的影响

饲用高粱叶茎比可反映它的适口性, 是评定饲用价值的主要指标[19], 叶片的比例偏高时, 营养物质含量就偏高, 适口性就越好[20]。本试验秋闲田饲用高粱不同播期的叶茎比随着播期的推迟呈现上升趋势, 其叶茎比由7月23日播种的0.207升到8月30日播种的0.872。7月23日播种的叶茎比最小, 明显低于其他各个播期的叶茎比。8月30日播种的叶茎比最大, 明显高于其他各个播期的叶茎比, 比之前各个播种的叶茎比增加0.149~0.665(增幅为20.66%~321.42%), 表明秋闲田饲用高粱播种偏晚时, 由于日照时数降低、有效积温偏小, 降水量偏少, 生育进程加快, 导致节间缩短, 叶片数量增加, 从而提高了秋闲田饲用高粱的叶茎比, 这与张菁等[21]的研究结果一致。

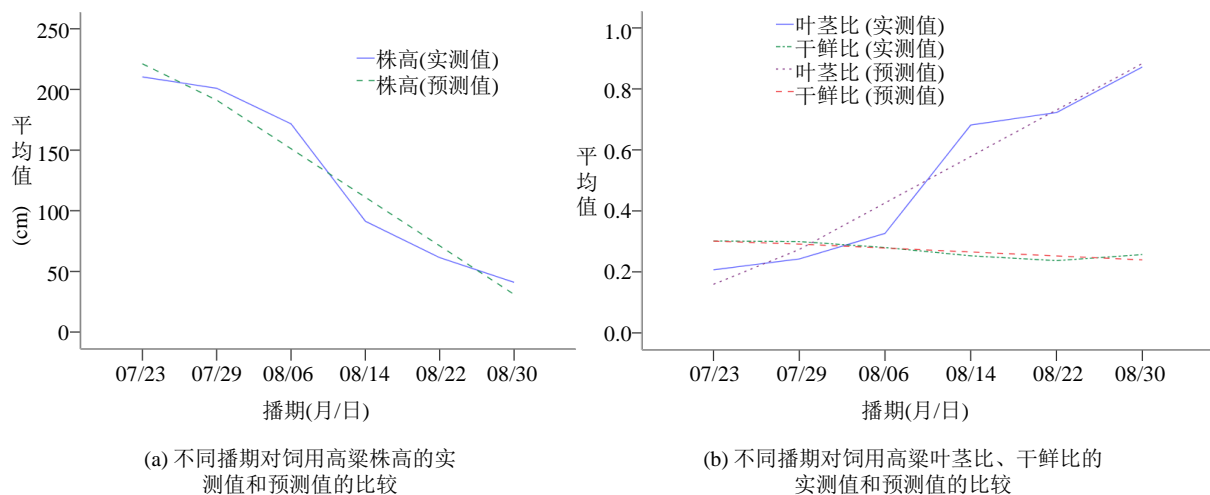


Figure 2. Comparison of between measured and predicted of sowing times on plant height, leaf stem ratio and DW/FW ratio of forage sorghum in autumn idle land

图 2. 不同播期对秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比实测值和预测值的比较

4.3. 明确了播期对秋闲田饲用高粱干鲜比的影响

鲜干比是指鲜草重与干草重的比例,它反映牧草的干物质积累程度和利用价值[22]。饲用高粱干鲜比可衡量其干物质积累的程度和利用价值[20],是评定生物产量的重要指标。通过干鲜比可以将实际的鲜草产量折算成实际的干草产量,当干鲜比较大时,单位面积上获得的干草产量就较多,对种植者就越有利。秋闲田饲用高粱不同播期的干鲜比随着播期的推迟而下降,其干鲜比由7月23日播种的0.301降到8月30日播种的0.257。7月23日播种的干鲜比最大,7月29日播种的干鲜比(0.299)位列第二,二者明显高于其他各个播期的干鲜比;8月22日播种的干鲜比(0.237)最小,明显低于其他各个播期的干鲜比,比其他各个播期的干鲜比降低0.0157~0.0643(降幅6.24%~21.31%),这一趋势与雷霞等[19]的研究结果一致。8月30日播种的干鲜比高于8月22日播种的干鲜比,这可能与比较干燥的环境条件导致植株含水量较低有关,造成了其干鲜比不降反升的异常状况。

4.4. 构建了播期与秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比的回归模型

秋闲田饲用高粱的株高、干鲜比均随着播期的推迟呈现直线下降趋势,但叶茎比却随着播期的推迟呈现直线上升趋势。笔者对秋闲田饲用高粱株高与播期、叶茎比与播期、干鲜比与播期的线性回归模型进行了模拟[14],构建了它们与播期的回归模型,其中,株高与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{高}} = 234.725 - 5.005x$,叶茎比与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{叶}} = 0.096 + 0.019x$,干鲜比与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{干}} = 0.305 - 0.002x$ 。这3个模型不仅较好地解释了秋闲田饲用高粱株高、叶茎比、干鲜比与播期之间的关系,还能通过模型参数来精确分析、科学预测不同播期饲用高粱的株高、叶茎比、干鲜比。这3个模型与杨琳等[2]通过 $y = 97.88 + 0.48x$ 研究播期对夏播高粱全生育期的线性回归模型一致。在本试验条件下,在7月23日至8月30日的播期每推迟1d,饲用高粱的株高平均降低5.005cm,叶茎比平均增加0.019,干鲜比平均减少0.002,表明秋闲田饲用高粱播种越早越好,因播种越早越能充分利用光、热、水、肥等自然资源,越能获得高产。

基金项目

农业部公益性行业科研专项“牧区饲草饲料资源开发利用技术与示范”(20120304201)。

参考文献 (References)

- [1] 白玉龙,姜永. 高粱属饲料作物主要经济性状变量分析[J]. 当代畜牧, 2006(11): 51-52.
- [2] 杨琳,崔福柱,段永红,郭秀卿,等. 不同播期对夏播高粱生育期及产量的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2017, 37(1): 7-10.
- [3] 张一中,周福平,张晓娟,等. 播种期对晋北地区盐碱地高粱生长发育及产量的影响[J]. 作物杂志 2015(5): 96-99.
- [4] 滕辉升,张述宽,李毓椿,等. 珍珠高粱秋植高产栽培技术研究[J]. 广西农业科学, 2002(4): 174-175.
- [5] 成慧,侯扶江,常生华,等. 黄土高原秋播时间对3种小谷物牧草生产性能的影响[J]. 草地学报, 2013(6): 1162-1168.
- [6] 孙耀中. 回归分析在测定作物品种稳产性中的应用[J]. 数理统计与管理, 1989(3): 30-32, 12.
- [7] 段有厚,邹剑秋,卢峰. 回归分析法在高粱新品种评价中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(29): 16173-16174.
- [8] 王志良,邱林,梁川,等. 作物需水量与气温关系的模糊回归分析[J]. 华北水利水电学院学报, 2001, 22(4): 4-6.
- [9] 刘环,刘恩魁,周新建,等. 夏谷播期与籽粒产量的回归分析[J]. 天津农业科学, 2013, 19(3): 77-82.
- [10] 周汉章,刘红霞,薄奎勇,等. 夏谷田杂草为害损失预测模型的研究[J]. 农学学报, 2012, 2(12): 12-15.
- [11] 韩文革,董爱书,高军,等. 基于聚类和逐步回归分析的玉米品种间关系研究[J]. 作物研究, 2016, 30(3): 250-253, 257.

- [12] 陈勇. 玉米主要株型性状与产量的相关和回归分析[J]. 考试周刊, 2012(15): 195-196.
- [13] 周青平, 颜红波, 梁国玲, 等. 不同燕麦品种饲草和籽粒生产性能分析[J]. 草业学报, 2015, 24(10): 120-130.
- [14] 刘小虎. SPSS12.0 for windows 在农业试验统计中的应用[M]. 沈阳: 东北大学出版社, 2007: 57-62, 117-126, 152-163.
- [15] 马育华. 田间实验和统计方法[M]. 北京: 中国农业出版社, 1982: 133-134, 194-233.
- [16] 胡文明, 徐翠莲, 翟云龙, 等. 甜高粱株高性状影响因素分析方法比较[J]. 东北农业大学学报, 2016, 47(9): 7-15.
- [17] 冯国郡, 叶凯, 涂振东, 等. 甜高粱主要农艺性状相关性和主成分分析[J]. 新疆农业科学, 2010, 47(8): 1552-1556.
- [18] 龙明秀, 高景慧, 高阳, 等. 12 个国外引进苜蓿品种头茬单株干重与产量性状间的关系[J]. 作物学报, 2009, 35(10): 1923-1929.
- [19] 雷霞, 何静, 韩永芬, 等. 不同播种期对黔草 4 号鸭茅鲜草产量的影响[J]. 畜牧与饲料科学, 2015, 36(2): 53-54.
- [20] 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.
- [21] 张菁, 张于卉, 马力, 等. 播期和施肥对冬闲田紫花苜蓿生长和品质的影响[J]. 中国草地学报, 2015, 37(6): 35-41.
- [22] 张莹, 陈志飞, 张晓娜, 等. 不同刈割期对春播、秋播燕麦干草产量和品质的影响[J]. 草业学报, 2016, 25(11): 124-125.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2324-7991, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: aam@hanspub.org