

Regression Analysis of Different Sowing Times on Plant Productivity and Biological Yield of Forage Sorghum in Autumn Idle Land

Hanzhang Zhou¹, Hongxia Liu², Huan Liu³, Xinjian Zhou⁴, Zhimin Wei¹, Shenglin Hou^{1*}, Shunguo Li¹

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, Shengze Hebei

⁴Agricultural Bureau of Shijiazhuang, Shijiazhuang Hebei

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

Received: Oct. 2nd, 2017; accepted: Oct. 16th, 2017; published: Oct. 20th, 2017

Abstract

[Objective] The aim was to explore the linear regression prediction model of different sowing times and plant productivity, biological yields of forage sorghum in autumn idle land. [Method] To different sowing times and plant productivity, biological yields 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 productivity and biological yields have important influence, and its plant productivity and biological yields were decreased with the delay of sowing times. To construct the regression model between sowing times and plant productivity and biological yields, regression model of the single fresh weight and sowing times is $\hat{y}_{\text{fresh}} = 0.618 - 0.015x$; model of the single dry weight and sowing is $\hat{y}_{\text{hay}} = 0.184 - 0.005x$; model of the per unit area yield and sowing is $\hat{y}_{\text{per}} = 29126.461 - 711.448x$. Between July 23rd and August 30th, the sowing times were delayed 1 d, and forage sorghum plant fresh weight was reduced by 0.015 g on average, and the average plant dry weight was reduced by 0.005 g, and the average grass yield was reduced by 711.448 kg/hm². [Conclusion] This study has constructed the three regression model, which will provide theoretical support for the production of Forage Sorghum in Autumn Idle Land.

Keywords

Autumn Idle Land, Forage Sorghum, Sowing Time, Plant Productivity, Biological Yield, Regression Analysis

*通讯作者。

播期对秋闲田饲用高粱单株生产力与产量的回归分析

周汉章¹, 刘红霞², 刘 环³, 周新建⁴, 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

⁴石家庄市农业局, 河北 石家庄

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

收稿日期: 2017年10月2日; 录用日期: 2017年10月16日; 发布日期: 2017年10月20日

摘 要

【目的】为了探索播期与秋闲田饲用高粱单株生产力和生物产量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, 对播期与饲用高粱单株生产力和草产量的关系进行模拟和比较。【结果】播期对秋闲田饲用高粱单株生产力和生物产量具有重要影响, 其单株生产力和生物产量随播期的推迟而降低。构建了播期与单株生产力和生物产量关系的回归模型, 单株鲜重与播期的回归模型为 $\hat{y}_m = 0.618 - 0.015x$, 单株干重与播期的回归模型为 $\hat{y}_r = 0.184 - 0.005x$, 单产与播期的回归模型为 $\hat{y}_n = 29126.461 - 711.448x$ 。在7月23日至8月30日之间的播期每推迟1 d, 饲用高粱的单株鲜重平均减少0.015 g, 单株干重平均减少0.005 g, 单产平均减少711.448 kg/hm²。【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理论支撑。

关键词

秋闲田, 饲用高粱, 播期, 单株生产力, 生物产量, 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

近年来, 随着畜牧业快速发展, 对草产品的需求与日俱增, 但畜增草缺的现象时有发生[1] [2], 制约着草食畜牧业发展。饲用高粱是新兴的一种饲料作物[3] [4] [5], 应引起高度重视。饲用高粱植株高大, 茎叶繁茂, 具有抗旱、耐涝、耐瘠、耐盐碱的特性。其茎叶作为草食家畜的优质粗饲料[6], 即可青饲, 也可晒制成干草产品。利用秋闲田生产饲用高粱, 既能利用秋季光、热、水、肥资源, 又能提高土地复种指数, 提高农牧民收入, 促进畜牧业快速发展。

多年来, 有关饲用高粱播期的研究报道多以甜高粱的籽粒产量为主, 其回归分析尚未见报道。有关作物回归分析的研究, 段有厚等[7]对8个高粱新品种的产量进行线性回归分析, 孙耀中[8]“介绍了用直线回归分析测定品种表现型稳产性的方法”, 王志良等[9]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[10]对夏谷播期与籽粒产量的关系进行了回归分析,周汉章等[11]对夏谷田杂草为害损失回归的预测模型研究,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播期与单株生产力和生物产量关系的研究尚未见报道。本研究以抗4高粱(*Sorghum bicolor* cv. Kang No.4)为供试材料,对播期与饲用高粱单株生产力和生物产量的关系展开了探讨,旨在探求秋闲田饲用高粱不同播期与单株生产力以及生物产量的关系,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

2015年在河北石家庄市栾城区东客村进行秋闲田饲用高粱播期试验。试验田位于北纬37°58'32",东经114°36'33",海拔56 m,交通便利,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1.12 g/kg,碱解氮79.5 mg/kg,速效磷22.3 mg/kg,速效钾113.9 mg/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20 kg/hm²。试验地区有关降雨等天气情况以栾城区气象局的资料为准,2015年5~10月份栾城区的月平均降雨量依次为125.1 mm、39.9 mm、215.7 mm、217.7 mm、157 mm、24.6 mm,其月平均温度依次为26℃、31℃、34℃、32℃、24℃、18℃,其月平均风力依次为6级、6级、5级、4级、4级、5级,其月平均云量依次为20%、21%、21%、21%、34%、21%,其月平均湿度依次为33%、34%、47%、54%、57%、38%。

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20 m²(行长5 m、行距40 cm、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. 草产量测定

早霜前刈割收获,每小区剔除边行与行头后刈割剩余12.8 m²(取8行,4 m/行),称量鲜重。然后每小区随机取3个样本,每个样本10株,编号标记,称量样本鲜重后置于通风遮雨处,晾至含水量12%~13%时称量干重,折算饲用高粱单株生产力与单位面积的干草产量。

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[12]。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)构建播期与秋闲田饲用高粱单株生产力及生物产量的回归模型,分析不同播期对饲用高粱草产量的影响[12][13],通过LSD法进行多重比较,分析结果以“平均值±标准差”表示。

3. 结果与分析

3.1. 播期与秋闲田饲用高粱单株生产力以及生物产量的关系

表1为秋闲田饲用高粱各播期的草产量结果,经方差分析(表2),播期组间的饲用高粱单株鲜重、单

Table 1. Different sowing times on plant productivity and yield of forage sorghum in autumn idle land
表 1. 不同播期对秋闲田饲用高粱单株生产力与产量的结果

指标	播期		株高 (cm/株)	单株生产力或单产			平均
	(月/日)	转换值(d)		I	II	III	
鲜重(g/株)	7/23	3	210.33	0.5780	0.6110	0.5910	0.5933
	7/29	9	201.00	0.5120	0.5050	0.4960	0.5043
	8/6	17	171.67	0.3420	0.4520	0.4290	0.4077
	8/14	25	91.33	0.2030	0.2110	0.1990	0.2043
	8/22	33	61.55	0.1200	0.1300	0.1200	0.1228
	8/30	41	41.00	0.0560	0.0610	0.0620	0.0597
干重(g/株)	7/23	3	210.33	0.1750	0.1810	0.1800	0.1787
	7/29	9	201.00	0.1520	0.1520	0.1490	0.1510
	8/6	17	171.67	0.0940	0.1290	0.1200	0.1143
	8/14	25	91.33	0.0520	0.0540	0.0490	0.0517
	8/22	33	61.55	0.0300	0.0300	0.0300	0.0312
	8/30	41	41.00	0.0140	0.0160	0.0160	0.0153
产量(kg/hm ²)	7/23	3	210.33	27327.85	27136.67	27794.92	27419.82
	7/29	9	201.00	22921.72	22929.43	23377.38	23076.17
	8/6	17	171.67	18738.16	19860.86	19366.43	19321.82
	8/14	25	91.33	8038.23	7890.14	7464.50	7797.62
	8/22	33	61.55	4767.20	4761.10	4568.93	4699.08
	8/30	41	41.00	2211.25	2346.23	2358.71	2305.40

Table 2. Tests of Between-Subjects effects
表 2. 主体间效应的检验

源	单株鲜重(g/株)			单株干重(g/株)			干草产量(kg/hm ²)		
	均方	F	Sig.	均方	F	Sig.	均方	F	Sig.
播期	0.142	259.213	0.000	0.014	257.522	0.000	331479896.303	2959.174	0.000
重复	0.001	1.932	0.195	8.550E-05	1.608	0.248	47356.623	0.423	0.666
误差	0.001			5.317E-05			112017.725		

株干量与单产的 F 值分别为 259.213、257.522、2959.174，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单株生产力与生物产量具有非常重要的影响。而组内(重复)的饲用高粱单株鲜重、单株干量与单产的 F(Sig.)值分别为 1.932 (Sig. = 0.195 > 0.05)、1.608 (Sig. = 0.248 > 0.05)、0.423 (Sig. = 0.666 > 0.05)，差异不显著，表明对本试验田相关条件控制的比较严谨，减少了试验田造成的误差。经相关分析(表 3)，播期与秋闲田饲用高粱单株鲜重、单株干量、单产的相关系数分别为-0.983、-0.977和-0.977，均呈负相关，差异极显著，表明秋闲田饲用高粱单株生产力与单产均随着播期的推迟呈现下降趋势，且与播期的关系十分密切。

3.2. 播期对秋闲田饲用高粱单株生产力与产量的影响

3.2.1. 不同播期对饲用甜高单株生产力的影响

由表 4 可见, 秋闲田饲用高粱不同播期的单株生产力随着播期的推迟呈现下降趋势, 其单株鲜重由 0.5933 g/株降到 0.0597 g/株, 其单株干重由 0.1787 g/株降到 0.0153g/株, 若以 7 月 23 日播种的处理为对照, 单株鲜重降幅为 15.00%~89.95%, 单株干重降幅为 15.48%~91.40%。7 月 23 日播种的单株生产力最大, 其单株鲜重与单株干重分别为 0.0597 g/株、0.1787 g/株, 与其他各个播期的单株生产力相比差异极显著。8 月 30 日播种的单株生产力最小, 其单株鲜重降到 0.0597 g/株, 与 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日播种的单株鲜重相比, 平均每株重量降低的结果依次为 89.95%、88.18%、85.36%、70.81%、51.40%, 其单株干重仅为 0.0153 g/株, 与 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日播种的单株干重相比, 平均每株重量降低的结果依次为 91.40%、89.85%、86.61%、70.28%、50.74%, 表明秋闲田饲用高粱随着播期不断推迟, 田间光、热强度不断降低, 不能满足饲用高粱单株生产力的需求。

Table 3. Correlations

表 3. 相关性结果

		单株鲜重	单株干重	干草产量
播期	Pearson 相关性	-0.983**	-0.977**	-0.977**
	显著性(双侧)	0.000	0.000	0.000
	N	18	18	18

注: **在置信度(双侧)为 0.01 时, 相关性是显著的。

Table 4. Result comparisons of sowing times on plant productivity of forage sorghum in autumn idle land

表 4. 秋闲田饲用高粱不同播期的生单株生产力及其结果比较

指标	播期		单株重量	7 月 23 日		7 月 29 日		8 月 6 日		8 月 14 日		8 月 22 日	
	(月/日)	转换 值(d)		(减重)	(%)	(减重)	(%)	(减重)	(%)	(减重)	(%)	(减重)	(%)
鲜重 (g/株)	7/23	3	0.5933	±0.0166	aA	-							
	8/6	9	0.5043	±0.0080	bB	0.0890*	15						
	8/14	17	0.4077	±0.0580	cC	0.1856*	31.29	0.0967*	19.17				
	8/22	25	0.2043	±0.0061	dD	0.3890*	65.57	0.3000*	59.49	0.2033*	49.87		
	8/30	33	0.1233	±0.0058	eE	0.4700*	79.31	0.3810*	75.66	0.2843*	69.87	0.0810*	39.91
干重 (g/株)	7/23	41	0.0597	±0.0032	fF	0.5337*	89.95	0.4447*	88.18	0.3480*	85.36	0.1447*	70.81
	7/23	3	0.1787	±0.0032	aA								
	8/6	9	0.1510	±0.0017	bB	0.0277*	15.48						
	8/14	17	0.1143	±0.0182	cC	0.0643*	36	0.0367*	24.28				
	8/22	25	0.0517	±0.0025	dD	0.1270*	71.07	0.0993*	65.78	0.0627*	54.83		
	8/30	33	0.0300	±0.0000	eE	0.1487*	82.54	0.1210*	79.36	0.0843*	72.77	0.0217*	39.66
	7/23	41	0.0153	±0.0012	fF	0.1633*	91.4	0.1357*	89.85	0.0990*	86.61	0.0363*	70.28
						0.0147*	50.74						

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。下同。

3.2.2. 播期对饲用高粱生物产量的影响

由表 5 可以看出, 播期对饲用高粱生物产量具有重要影响。秋闲田于 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日、8 月 30 日播种的单产依次为 27,419.82 kg/hm²、23,076.17 kg/hm²、19,321.82 kg/hm²、7797.62 kg/hm²、4699.08 kg/hm²、2305.40 kg/hm², 差异极显著。7 月 23 日播种的生物产量最高, 其干草产量达到了 27,419.82 kg/hm², 与其他各个播期的单产相比, 保产幅度为 15.84%~91.59%。8 月 30 日播种的生物产量最低, 其干草产量降到 2305.40 kg/hm², 与 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日播种的单产相比, 减产结果依次为 91.59%、90.01%、88.07%、70.90%、50.94%。表明种植秋闲田饲用高粱不宜播种太晚。

3.3. 播期与秋闲田饲用高粱单株生产力、生物产量直线回归模型的建立及其分析

根据试验播期及草产量的实测值(表 1), 利用 SPSS 22 软件绘制饲用高粱单株生产力、生物产量对播期的散点图(图 1)。由散点图可以看出, 饲用高粱的单株鲜重、单株干重与单产对播期的关系均近似线性关系, 可用线性回归模型 $Y = a + bX$ 进行分析。式中, Y 为饲用高粱草产量, X 为饲用高粱播期转换值, a 、 b 为回归截距与斜率。

根据表 1 数据资料, 采用 SPSS22 软件线性回归模型对秋闲田饲用高粱单株生产力、生物产量与播期的关系进行模拟(表 6)。由表 6 中的回归模型模拟结果可知, 播期与草产量的回归模型经 Durbin-Watson 检验, 单株鲜重、单株干重与单产的 DW 值分别为 2.226 ≈ 2、1.901 ≈ 2 与 2.364 ≈ 2, 说明残差之间近乎独立, 能满足线性回归的条件; 回归模型的单株鲜重与播期、单株干重与播期、单产与播期的相关系数分别为 $R_{\text{鲜}} = 0.983$ 、 $R_{\text{干}} = 0.978$ 、 $R_{\text{单}} = 0.977$, 其决定系数分别为 $R^2_{\text{鲜}} = 0.966$ 、 $R^2_{\text{干}} = 0.956$ 、 $R^2_{\text{单}} = 0.955$, 表明回归模型的预测值与实际值拟合度极高, 拟合效果极好; 该回归模型的显著性检验, $F_{\text{鲜}} = 214.989$, $F_{\text{干}} = 161.900$, $F_{\text{单}} = 159.997$, 显著值(Sig.)均为 $0.000 < 0.01$, 差异均极显著, 表明饲用高粱单株生产力、单产与播期之间的直线回归关系十分密切。

由表 7 可见, 经过对有关模型回归系数的 t 检验, 单株鲜重、单株干重与单产对播期转换值的非标准化系数(B)分别为 -0.015、-0.005 与 -711.448, 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单株生产力与播期、生物产量与播期之间的关系。据此整理构建了饲用高粱单株生产力与播期、生物产量与播期的回归模型, 其中, 单株鲜重与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{鲜}} = 0.618 - 0.015x$, 单株干重与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{干}} = 0.184 - 0.005x$, 单位面积干草产量与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{单}} = 29126.461 - 711.448x$ 。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

Table 5. Result comparisons of sowing times on biological yield of forage sorghum in autumn idle land

表 5. 秋闲田饲用高粱不同播期的生物产量及其结果比较

播期		干草产量(kg/hm ²)	7月23日		7月29日		8月6日		8月14日		8月22日	
(月/日)	转换值(d)		(减产)	(%)	(减产)	(%)	(减产)	(%)	(减产)	(%)	(减产)	(%)
7/23	3	27419.82 ±338.63 aA	-									
8/6	9	23076.17 ±260.88 bB	4343.64*	15.84								
8/14	17	19321.82 ±562.68 cC	8098.00*	29.53	3754.36*	16.27						
8/22	25	7797.62 ±297.84 dD	19622.19*	71.56	15278.55*	66.21	11524.20*	59.64				
8/30	33	4699.08 ±112.75 eE	22720.74*	82.86	18377.10*	79.64	14622.74*	75.68	3098.54*	39.95		
7/23	41	2305.40 ±81.77 fF	25114.42*	91.59	20770.78*	90.01	17016.42*	88.07	5492.23*	70.90	2393.68*	50.94

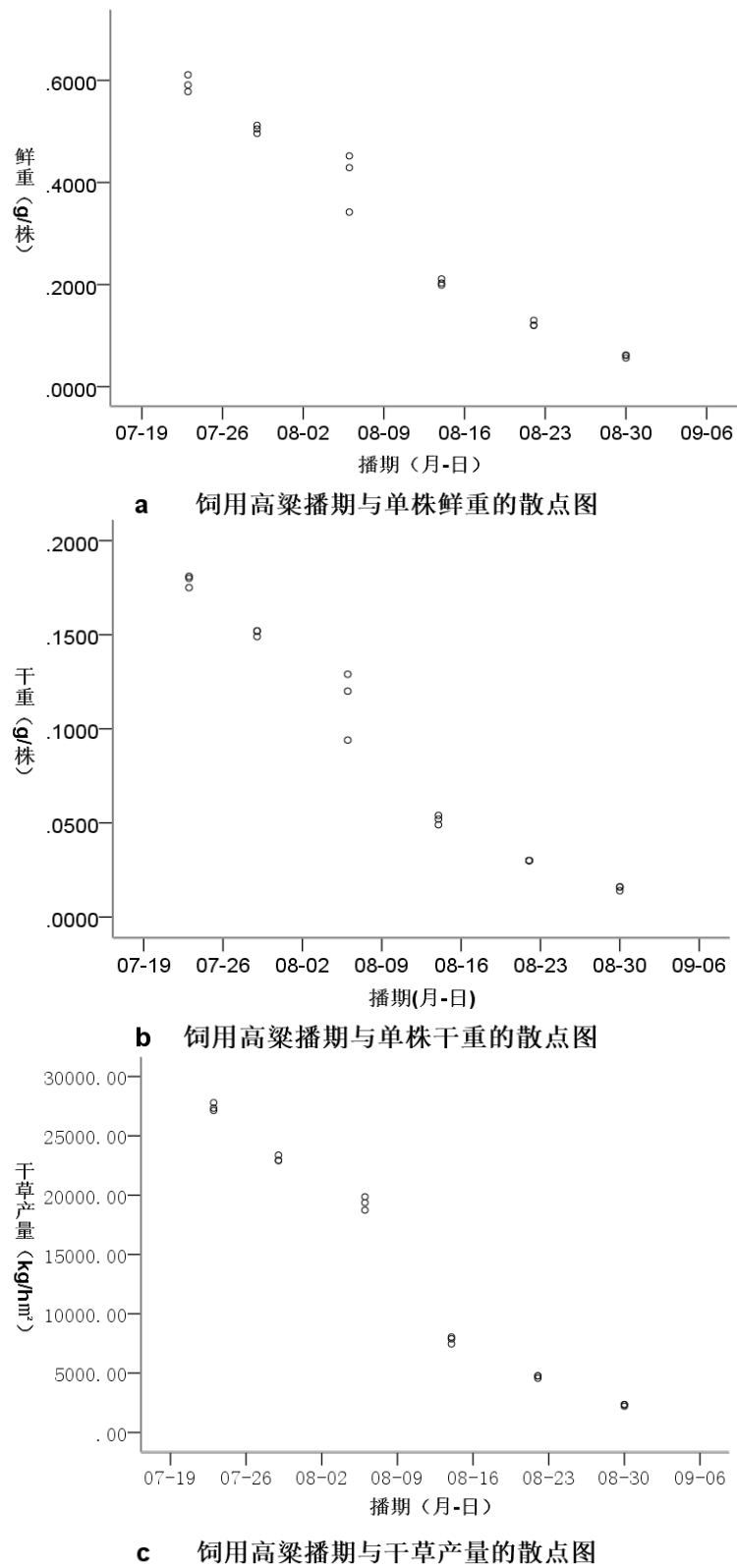


Figure 1. The scatter graph of sowing times on plant productivity and yield of forage sorghum

图 1. 饲用高粱单株生产力与单产对播期的散点图

Table 6. ANOVA, Coefficients and Durbin-Watson (U)
表 6. 回归方程方差分析、相关系数与 Durbin-Watson (U)值

模型	平方和	df	均方	F	Sig.	R	R ²	DW	
鲜重(g/株)	回归	0.692	2	0.346	214.989	0.000	0.983	0.966	2.226
	残差	0.024	15	0.002					
	总计	0.716	17						
干重(g/株)	回归	0.066	2	0.033	161.900	0.000	0.978	0.956	1.901
	残差	0.003	15	0.000					
	总计	0.069	17						
产量(kg/hm ²)	回归	1,584,346,527.90	2	792,173,263.95	159.997	0.000	0.977	0.955	2.364
	残差	74,267,844.11	15	4,951,189.61					
	总计	1,658,614,372.01	17						

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			
鲜重(g/株)	(常量)	0.618	0.029		21.083	0.000
	播期转换值	-0.015	0.001	-0.983	-20.727	0.000
	重复	0.007	0.012	0.029	0.619	0.545
干重(g/株)	(常量)	0.184	0.010		17.586	0.000
	播期转换值	-0.005	0.000	-0.977	-17.986	0.000
	重复	0.002	0.004	0.030	0.546	0.593
产量(kg/hm ²)	(常量)	29126.461	1626.462		17.908	0.000
	播期转换值	-711.448	39.772	-0.977	-17.888	0.000
	重复	77.206	642.339	0.007	0.120	0.906

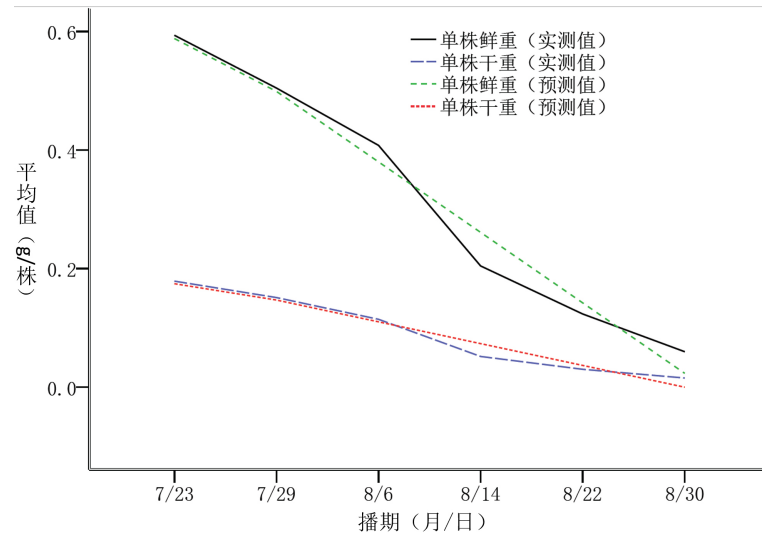
用高粱的单株鲜重平均减少 0.015 g, 单株干重平均减少 0.005 g, 单产平均减少 711.448 kg/hm², 这与实测结果基本一致(图 2)。

4. 结论与讨论

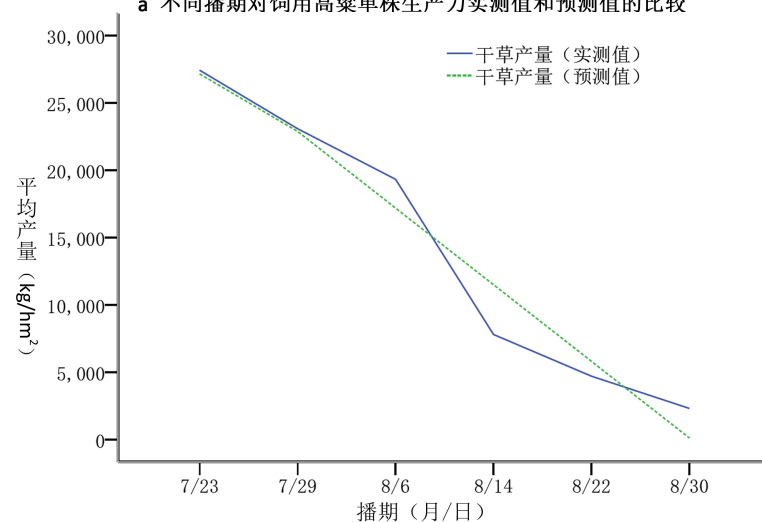
4.1. 明确了播期对秋闲田饲用高粱生物产量的影响

4.1.1. 明确了播期对饲用高粱单株生产力的影响

秋闲田饲用高粱单株生产力随着播期的推迟呈现直线下降的变化趋势。秋闲田饲用高粱播期宜早不宜晚, 播种越晚光照强度越不足, 有效积温越低, 就越不能满足秋闲田饲用高粱生长对光、温的需求, 并使其生育进程加快, 茎秆变细、节间缩短、叶片变小、植株变矮, 体量矮小。在株高方面, 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 210.33 cm、201.00 cm、171.67 cm、91.33 cm、61.55 cm、41.00 cm。本试验于 7 月 23 日播种的单株生产力最大, 其单株鲜重与单株干重分别为 0.0597 g/株、0.1787 g/株, 而 8 月 30 日播种的单株生产力最小, 其单株鲜重、单株干重



a 不同播期对饲用高粱单株生产力实测值和预测值的比较



b 不同播期对饲用高粱生物产量实测值和预测值的比较

Figure 2. Comparison of between measured and predicted of sowing times on plant productivity and yield of forage sorghum in autumn idle land

图 2. 不同播期对秋闲田饲用高粱单株生产力、单产实测值和预测值的比较

分别降为 0.0597 g/株、0.0153 g/株。由此可见，播期是确保秋闲田饲用高粱个体正常生长最重要的基本条件，若播期推迟则植株趋矮，故争时抢播早播是确保秋闲田饲用高粱丰产丰收的重要手段，应引起高度重视。

4.1.2. 明确了播期对秋闲田饲用高粱草产量的影响

播期是农业生产的重要技术环节，不宜忽视。春播过早不宜，过早则低温对出苗不利，秋播过晚不宜，过晚则光温对成株不利。晚播时植株生育中后期常遭遇低温，影响生育进程。对粮食生产如此，对饲草生产亦是如此。本试验研究结果表明，播期对秋闲田饲用高粱生物产量具有重要的影响，秋闲田 7 月 23 日播种的生物产量最高，其单产高达 27,419.82 kg/hm²，与其他各个播期的单产相比，保产幅度为 15.84%~91.59%。8 月 30 日播种的生物产量最低，其干草产量降为 2305.40 kg/hm²，与 7 月 23 日、7 月 29 日、8 月 6 日、8 月 14 日、8 月 22 日播种的单产相比，减产程度依次为 91.59%、90.01%、88.07%、

70.90%、50.94%。由此可见,秋闲田播种越晚饲用高粱生长阶段的光照强度越低,饲用高粱接受的日均温度与有效积温越低,就不能充分利用光热资源,草产量就低,这与石红梅[14]、杨琳等[15]对夏播高粱籽粒产量的研究结果相一致。

4.2. 构建了播期与秋闲田饲用高粱草产量的回归模型

秋闲田饲用高粱的单株生产力、生物产量均随着播期的推迟呈现直线下下降趋势。笔者对秋闲田饲用高粱单株生产力与播期、生物产量与播期的线性回归模型进行了模拟[12],构建了饲用高粱草产量与播期的回归模型,其中,单株鲜重与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{鲜}} = 0.618 - 0.015x$,单株干重与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{干}} = 0.184 - 0.005x$,单产与播期的回归模型为 $\hat{y}_{\text{单}} = 29126.461 - 711.448x$ 。这3个模型不仅较好地解释了秋闲田饲用高粱单株生产力与播期、生物产量与播期之间的关系,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单株生产力与生物产量。这3个模型与杨琳等[15]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,饲用高粱的单株鲜重平均减少0.015g,单株干重平均减少0.005g,单产平均减少711.448kg/hm²,表明秋闲田饲用高粱需力争早播,要充分利用光、热、水、肥等自然资源,才能夺取高产。

本研究仅对秋闲田饲用高粱不同播期与单株生产力、草产量的关系及其回归模型进行了探索,但尚未对不同播期与秋闲田饲用高粱营养品质的关系进行深入的研究。

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] 王炳煜, 黄文广, 鲁岩, 等. 解决畜牧业因灾造成饲草短缺问题的途径[J]. 今日畜牧兽医, 2013(4): 63.
- [2] 李毓堂. 创草产业新系统解人畜争粮矛盾确保粮食安全农畜产品有效供应[J]. 草业科学, 2013, 30(11): 1687-1689.
- [3] 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.
- [4] 田志林. 高粱的高产栽培技术[J]. 现代畜牧科技, 2016(12): 46.
- [5] 陈玲玲, 乌艳红, 杨秀芳, 等. 禾本科饲料作物营养价值比较研究[J]. 饲料研究, 2012(7): 83-84.
- [6] 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.
- [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] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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, 152-163.
- [13] 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.
- [14] 石红梅. 不同播期对夏高粱产量影响的研究[J]. 现代农业科技, 2008(20): 1.
- [15] 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.

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