

6种禾本科牧草种子产量因子与产量的岭回归模型研究^{*}

王全珍^{1,2}, 韩建国¹, 周 禾¹, 刘富渊², 仲 勇²

(1 中国农业大学 草地研究所 草业科学北京市重点实验室, 北京 100094;

2 成都大业国际投资股份有限公司 甘肃总部, 甘肃 酒泉 735009)

[摘 要] 采用多区组多因素正交试验设计, 通过大样本岭回归分析求出6种禾本科牧草种子产量因子与产量的岭回归模型。结果表明, 除蓝茎冰草的模型外, 其他5种禾本科牧草的模型中, 提高任1个种子产量因子, 均可不同程度提高种子产量。6个模型中, 5个种子产量因子每提高1个单位对其种子产量的提高大小排序为单粒种子重> 每小穗种子粒数> 每小穗小花数> 每生殖枝小穗数> 生殖枝数。

[关键词] 禾本科牧草; 种子产量; 产量因子; 岭回归分析

[中图分类号] S543.01

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)06-0018-05

多元线性回归是分析多个指标与某一指标相互关系的常用方法, 但多元线性回归的最小二乘解(LS解)与待分析指标自身高度相关, 使回归系数极敏感地随样本容量的变化或自变量数目的增减而发生改变, 从而使建立的模型极不稳定, 且回归系数的符号在专业上无法解释。但有时因某种专业上的需要, 在已知某些自变量有较强相关的情况下, 仍希望可以同时引入这些变量。例如本试验研究中, 禾本科牧草种子产量因子之间存在较强的相关性。在这种情况下, 如果用回归系数的岭估计(即岭回归)可以获得较好的结果^[1~3]。岭回归模型是通过在自变量自相关矩阵中引入1个很小的岭参数 K_0 ($0 < K_0 < 1$), 并将其加到主对角线元素上, 从而降低参数的最小二乘估计共线特征向量的影响, 以保证参数估计更接近真实情况^[4~7]。

随着我国对解决牧区饲草恢复、退耕还草、种草养畜和生态环境重建的日益重视, 以及国家和地方对西部开发、生态环境建设投资力度的加大, 我国近年来对牧草草种的需求量剧增, 牧草种子生产国产化形势日益迫切。但我国牧草、草坪草种子生产刚刚起步, 生产技术落后, 急需提高种子质量和产量的生产管理技术。为此, 农业部948项目于2001年从美国引进禾本科优良牧草高羊茅、蓝茎冰草、猫尾草

无芒雀麦、新麦草和鸭茅, 在甘肃酒泉进行试验、研究和推广^[8]。国内外对上述6种禾本科牧草种子生产技术方面的研究虽已有报道^[9~12], 但多为单因素作用研究, 本试验从系统的、综合的角度出发, 采用多区组多因素正交试验设计方案^[13~15], 通过大样本岭回归分析^[4~7], 研究了上述6种牧草在不同氮、磷肥和水分等栽培管理技术措施组合下种子产量因子对其种子产量的效应, 并建立岭回归模型进行比较分析, 以选择最优模型, 最终为牧草种子高产及其产量因子作用机理研究提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2003-03~08在甘肃酒泉中国农业大学甘肃草业研究实验站上坝基地大田进行(酒泉大业种业公司)。试验地土壤为沙壤土, 肥力中等。据当地气象资料, 该地年平均气温 $7\sim 8^{\circ}\text{C}$, 年降雨量 $50\sim 100\text{ mm}$, 且降雨主要集中在 $7\sim 9$ 月, 无霜期 130 d , $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温 $3\ 800$ 以上。日照充分, > 10 期间的日照时数为 $1\ 460\sim 1\ 470\text{ h}$ 。生长季 $3\sim 10$ 月, 空气相对湿度为 $25\%\sim 55\%$; 土壤含盐量 $3\sim 8\text{ g/kg}$ 。供试牧草为农业部948项目从美国引进的6种优良禾本科牧草: 高羊茅(*Festuca arundinacea*

^{*} [收稿日期] 2004-09-09

[基金项目] 农业部948项目“退化草地综合改良与草地建设配套技术研究”(202099)

[作者简介] 王全珍(1963-), 男, 内蒙古四子王旗人, 在读博士, 主要从事牧草种子生产及相关领域的研究, 发表学术论著14篇, 参编著作1部。E-mail: Wangquanzhen191@163.com

[通讯作者] 韩建国(1958-), 男, 河北赤城人, 教授, 博士, 博士生导师, 主要从事草地管理和牧草种子生产研究。

L.) 品 种 Fawn、 蓝 茎 冰 草 (*Agropyron* L.) 品 种 Rosana、 猫 尾 草 (*Phleum pratense* L.) 品 种 Bariza、 无 芒 雀 麦 (*Bromus inem is* L.) 品 种 Carlton、 新 麦 草 (*Psathyrostaehys juncea* Nevski) 品 种 Bozoinky 和 鸭 茅 (*Dactylis glamerato* L.) 品 种 Barula。 2002 年 春 播, 6 种 牧 草 分 别 在 不 同 地 段 播 种 6 块 试 验 田, 每 种 牧 草 各 播 0.55 hm², 播 种 时, 施 基 肥 磷 酸 二 铵 225 kg/hm² 和 过 磷 酸 钙 150 kg/hm², 条 播, 行 距 0.45~ 0.60 m (高 羊 茅、 猫 尾 草 和 新 麦 草 为 0.45 m, 蓝 茎 冰 草、 无 芒 雀 麦 和 鸭 茅 为 0.60 m), 苗 期 锄 草 1 次, 中 耕 锄 草 1 次, 全 年 灌 水 5 次; 当 年 高 羊 茅 和 无 芒 雀 麦 有 种 子 收 获, 产 量 为 100~ 195 kg/hm², 其 他 4 种 牧 草 均 无 种 子。 09-11 留 茬 7~ 8 cm, 刈 割 残 茬 并 运 走。 种 植 第 2 年 (2003) 03-10~ 25 全 部 返 青。

1.2 试 验 设 计

6 种 牧 草 同 时 分 别 采 用 以 下 试 验 设 计: 氮、 磷 2 因 素 D-饱 和 最 优 设 计; 5 因 素 二 次 正 交 旋 转 组 合 (1/2 实 施); 2 因 素 5 水 平 正 交 组 合; 3 因 素 2 次 正 交 旋 转 组 合^[13~ 15]; 试 验 因 素 设 施 肥 灌 溉 时 期 (X_1)、 每 次 灌 溉 补 水 量 (X_2)、 施 N 量 (X_3)、 施 P_2O_5 量 (X_4)、 植 株 密 度 (X_5) 和 喷 施 多 效 唑 (pp333, X_6) 等; 每 种 牧 草 分 别 按 试 验 设 计 分 区 组, 区 组 内 小 区 随 机 排 列, 小 区 面 积 28 m² (7 m × 4 m), 5 个 区 组 加 对 照 总 计 112~ 116 个 小 区。 6 种 牧 草 共 计 690 个 小 区, 其 中 加 埂 控 制 灌 溉 小 区 440 个。 在 试 验 设 计 中, N 肥 设 计 施 用 量 为 66~ 480 kg/hm², P_2O_5 设 计 施 用 量 为 39~ 240 kg/hm²; 设 计 每 次 灌 溉 补 水 量 为 75.883~ 175 mm; 各 试 验 设 计 因 子 小 区 数 见 表 1。

表 1 试 验 设 计 因 子 小 区 数

Table 1 Experimental design, factors and blocks

试验设计 Experimental design	试验因子数 Factors	重复数 Repeat	试验小区数 Blocks
氮、 磷 2 因素 D-饱和最优设计 (1) 2-D optimum orthogonal design (1) *	2 (X_3, X_4)	3	18
氮、 磷 2 因素 D-饱和最优设计 (2) 2-D optimum orthogonal design (2) *	2 (X_3, X_4)	1	6
5 因素二次正交旋转组合 (1/2 实施) Quinque-factor orthogonal design	5 ($X_1 \sim X_5$)	1	36
2 因素 5 水平正交组合 Bin-factor orthogonal contract blocks	2 ($X_2, X_{3+} X_4$)	1	22
3 因素二次正交旋转组合 Tir-factor orthogonal design	3 (X_5, X_3, X_6)	1	23
对照 CK	-	-	7~ 11
合计 Total	6 ($X_1 \sim X_6$)	-	112~ 116

注: * 采用同一试验设计, 施肥量不同。
Note: * Applied N and P_2O_5 differently between design (1) and (2).

1.3 产 量 和 产 量 因 素 测 定

2003 年 从 返 青 到 种 子 收 获, 中 耕 锄 草 2 次; 按 照 试 验 设 计, 不 同 时 期 人 工 开 沟 施 肥, 水 表 控 制 不 同 时 期 的 灌 溉 量。 在 本 试 验 进 行 期 间 (2003-03~ 08), 试 验 地 设 置 的 固 定 雨 量 器 实 测 总 降 雨 量 为 12.6 mm。 6 种 牧 草 分 别 在 其 盛 花 期 人 工 拉 绳 辅 助 授 粉 2 次; 06-28~ 07-25, 6 种 牧 草 按 成 熟 时 间 依 次 分 小 区 收 获 测 产, 3 次 重 复, 种 子 产 量 Z (kg/hm²) 取 平 均 值。 分 别 在 6 种 牧 草 开 花 期 到 种 子 成 熟 测 产 收 获 前, 田 间 测 定 各 小 区 各 产 量 因 子。

田 间 产 量 因 子 测 定 方 法 是 在 顺 序 取 样 的 基 础 上 随 机 取 样: 每 小 区 共 12~ 16 行 (高 羊 茅、 猫 尾 草 和 新 麦 草 为 16 行, 蓝 茎 冰 草、 无 芒 雀 麦 和 鸭 茅 为 12 行), 每 行 长 4 m, 高 羊 茅、 猫 尾 草 和 新 麦 草 除 去 第 1~ 3 行 和 倒 数 第 1~ 3 行, 蓝 茎 冰 草、 无 芒 雀 麦 和 鸭 茅 除

去 第 1、 2 行 和 倒 数 第 1、 2 行, 每 行 4 m 除 第 1 m 和 第 4 m 外, 以 1 m 行 长 为 1 个 取 样 单 位, 每 小 区 共 有 16~ 20 个 取 样 单 位 (8~ 10 行 × 2 m); 所 有 测 定 均 在 这 16~ 20 个 取 样 单 位 内 进 行 (包 括 种 子 产 量 测 定)。 在 16~ 20 个 取 样 单 位 内, 无 重 复 随 机 取 10~ 12 个 取 样 单 位 (6 种 牧 草 略 有 不 同), 测 定 生 殖 枝 数, 折 算 产 量 因 子 Y_1 (枝/m²); 无 重 复 或 有 重 复 顺 序 取 15~ 18 个 取 样 单 位, 在 每 个 取 样 单 位 内 随 机 取 3 个 生 殖 枝, 测 小 穗 数 得 产 量 因 子 Y_2 (小 穗 数/生 殖 枝, 样 本 容 量 为 45~ 54 株); 无 重 复 顺 序 取 14~ 16 个 取 样 单 位, 在 每 个 取 样 单 位 内 随 机 取 3 个 小 穗, 得 每 小 穗 小 花 数 产 量 因 子 Y_3 (样 本 容 量 42~ 48); 无 重 复 顺 序 取 10~ 13 个 取 样 单 位, 在 每 个 取 样 单 位 内 随 机 取 3 个 小 穗, 测 每 小 穗 籽 粒 数 (产 量 因 子 Y_4 , 样 本 容 量 30~ 39); 测 产 收 获 的 各 小 区 种 子 自 然 风 干 到 含 水 量

为 7%~10% 时,以 100 粒种子为 1 个样本,样本容量取 10,千分之一天平对各样本称重,计算各小区产量因子 Y_5 (单粒种子重,mg)。建立数据库,分别对以上测定数据分牧草品种按小区进行统计,取平均

值 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 和 Z 。因为猫尾草每小穗小花数为 1,故猫尾草 Y_3 未参与分析。对 6 种牧草 112~116 个小区(样本数 112~116) Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 和 Z 的简单统计结果见表 2。

表 2 6 种禾本科牧草种子产量因子和种子产量统计

Table 2 Simple statistics of seed yield components and seed yield of six grass species

牧草种类 Grasses	产量因子 Var	小区数 N	平均值 Mean	标准差 Std dev	标准误 Std error	最小值 Minimum	最大值 Maximum	t 值 t value	P 值 $P_{r> t }$
高羊茅 <i>Festuca arundinacea</i> L.	Y_1	116	402.659	121.690	11.876	117.780	745.180	33.91	< 0.000 1
	Y_2	116	60.834	4.651	0.454	48.430	71.570	134.04	< 0.000 1
	Y_3	116	7.238	1.675	0.163	0.730	11.010	44.28	< 0.000 1
	Y_4	116	4.190	0.490	0.048	2.958	5.708	87.68	< 0.000 1
	Y_5	116	3.048	0.153	0.015	2.560	3.330	204.54	< 0.000 1
	Z	116	2 030.239	530.092	51.732	1 139.780	3 461.970	39.25	< 0.000 1
蓝茎冰草 <i>Agropyron</i> L.	Y_1	116	674.478	178.281	17.398	192.380	1 153.330	38.77	< 0.000 1
	Y_2	116	17.608	0.991	0.097	15.210	20.210	182.11	< 0.000 1
	Y_3	116	12.699	1.674	0.163	8.840	17.120	77.72	< 0.000 1
	Y_4	116	5.818	0.457	0.045	4.390	6.640	130.39	< 0.000 1
	Y_5	116	4.864	0.282	0.028	4.336	5.802	176.58	< 0.000 1
	Z	116	856.121	241.024	23.522	371.690	1 525.070	36.40	< 0.000 1
猫尾草 <i>Phleum pratense</i> L.	Y_1	112	639.223	121.428	12.204	252.360	840.490	52.38	< 0.000 1
	Y_2	112	1 237.375	149.069	14.982	904.920	1 517.620	82.59	< 0.000 1
	Y_3	112	1.000	0.000	0.000	1.000	1.000	-	-
	Y_4	112	0.703	0.166	0.017	0.312	0.937	42.25	< 0.000 1
	Y_5	112	0.368	0.024	0.002	0.312	0.430	153.98	< 0.000 1
	Z	112	771.471	233.701	23.488	259.670	1 345.660	32.85	< 0.000 1
无芒雀麦 <i>Bromus inermis</i> L.	Y_1	116	507.388	114.509	11.175	171.900	743.750	45.40	< 0.000 1
	Y_2	116	66.368	4.698	0.458	56.120	76.810	144.76	< 0.000 1
	Y_3	116	8.644	1.822	0.178	5.180	12.200	48.63	< 0.000 1
	Y_4	116	4.322	0.407	0.040	3.537	5.519	108.85	< 0.000 1
	Y_5	116	3.838	0.196	0.019	3.454	4.291	200.20	< 0.000 1
	Z	116	1 963.287	442.999	43.232	1 094.400	3 066.700	45.41	< 0.000 1
新麦草 <i>Poa thyrostrachys juncea</i> Nevski	Y_1	116	205.673	70.739	6.903	76.110	415.180	29.79	< 0.000 1
	Y_2	116	90.217	2.715	0.265	79.730	96.960	340.45	< 0.000 1
	Y_3	116	4.590	0.754	0.074	3.010	6.250	62.36	< 0.000 1
	Y_4	116	2.141	0.334	0.033	1.500	3.056	65.62	< 0.000 1
	Y_5	116	3.461	0.184	0.018	2.933	3.834	192.83	< 0.000 1
	Z	116	964.427	336.873	32.875	358.410	1 969.650	29.34	< 0.000 1
鸭茅 <i>Dactylis glomerata</i> L.	Y_1	114	153.568	40.731	3.975	71.670	261.110	38.63	< 0.000 1
	Y_2	114	209.878	16.269	1.588	172.330	254.700	132.19	< 0.000 1
	Y_3	114	5.882	0.629	0.061	4.270	7.870	95.86	< 0.000 1
	Y_4	114	2.629	0.515	0.050	1.396	3.944	52.30	< 0.000 1
	Y_5	114	1.390	0.066	0.006	1.218	1.527	215.84	< 0.000 1
	Z	114	454.437	142.449	13.902	149.830	884.370	32.69	< 0.000 1

注: Y_1 为生殖枝数; Y_2 为每生殖枝小穗数; Y_3 为每小穗小花数; Y_4 为每小穗种子粒数; Y_5 为单粒种子重,mg; Z 为种子产量, kg/hm^2 。

Note: Y_1 means shoots; Y_2 means spikelets per shoot; Y_3 means florets per spikelet; Y_4 means seed numbers per spikelet; Y_5 means weight per seed,mg; Z means seed yield, kg/hm^2 。

2 岭回归分析

对上述 6 种牧草 112~116 个小区(样本数 112~116)的数据 Y_1, Y_2, Y_3, Y_4, Y_5 和 Z , 采用 SAS

(V 8.1)^[16] 分别作岭回归分析,以岭值 K 为横轴,各指标的回归系数估计值为纵轴,分别获得 6 种牧草种子产量因子与产量的岭迹图(图 1)。

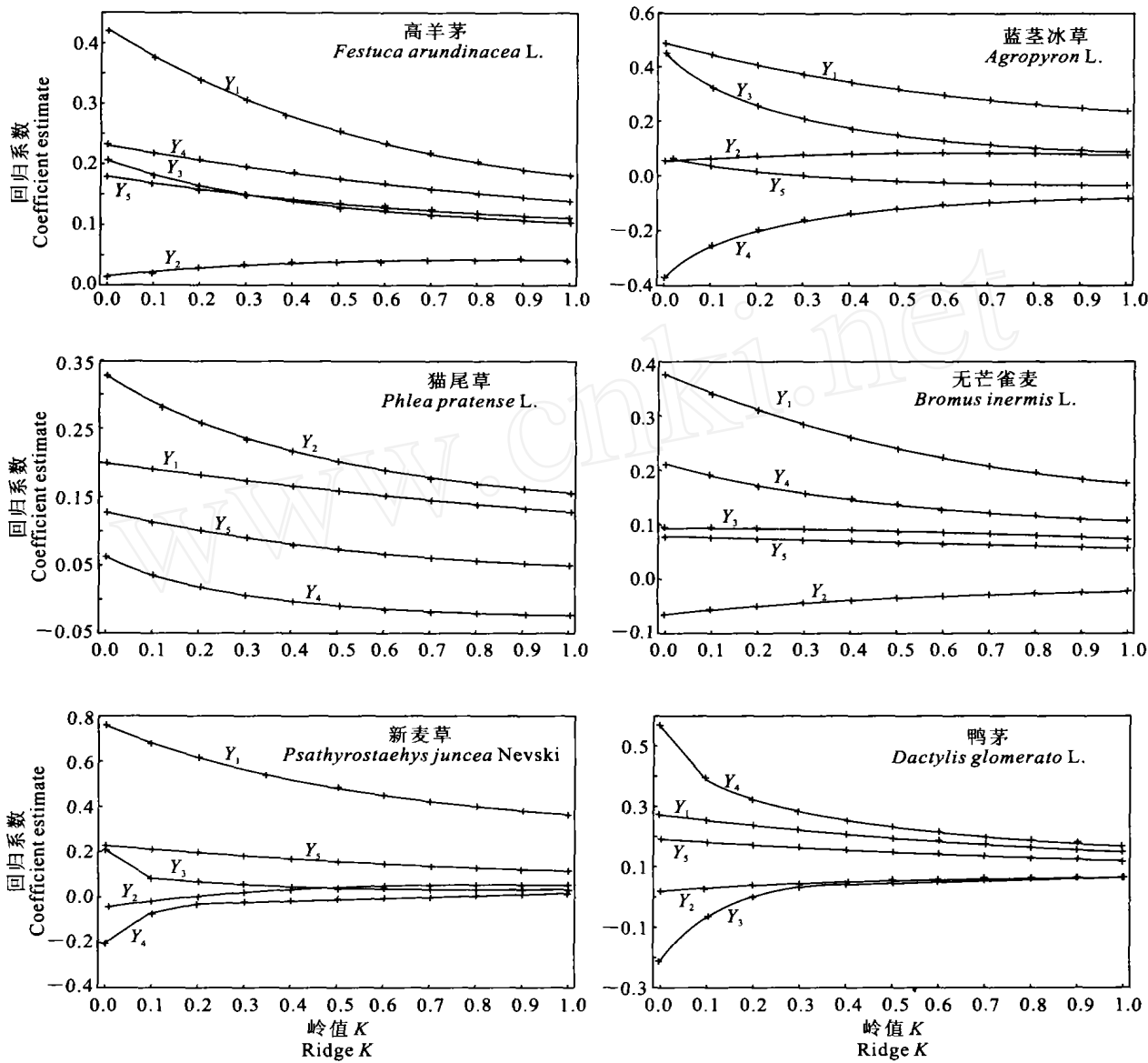


图 1 6 种禾本科牧草种子产量因子与产量的岭迹图

Fig 1 Ridge plot of seed yield components and seed yield of 6 grass species

由图 1 可见, 各回归系数均随岭参数的增大而趋于平稳。岭回归分析中, 岭参数 K 值的确定是关键。对于岭参数 K 的取值方法, 本研究参考文献[4 ~ 7, 17]并结合实际试验, 认为本试验采用岭迹法确定 K 值较为适宜, 即从岭迹图直接观察随着岭参数 K 的变化, 各自变量的稳定趋势, 选取趋于稳定态势时的岭参数对应的各自变量的回归系数作为最后结果。从 6 种牧草的岭迹图(图 1)可以依次看出, 高羊茅、蓝茎冰草、猫尾草、无芒雀麦、新麦草和鸭茅 6 种牧草, 分别于岭参数 K 大于 0.3, 0.1, 0, 0, 0.5 和 0.5 时, 自变量的回归系数趋于平稳(以水平直线为渐进线), 故依次选岭参数 K 为 0.4, 0.2, 0.1, 0.1, 0.6 和 0.6, 可得 6 种牧草的标准化回归模型, 将标

准化后的变量表示为原变量, 回归模型依次为:

$$Z_{\text{高羊茅}} = -1\,236\,64 + 1\,183\,31Y_1 + 4\,132\,3Y_2 + 44\,959\,4Y_3 + 189\,047Y_4 + 466\,325Y_5$$

($F = 8\,44, P_r < 0\,000\,1$) (1)

$$Z_{\text{蓝茎冰草}} = 304\,416 + 0\,561\,28Y_1 + 18\,503\,8Y_2 + 35\,789\,1Y_3 - 107\,049Y_4 + 3\,214\,2Y_5$$

($F = 12\,69, P_r < 0\,000\,1$) (2)

$$Z_{\text{猫尾草}} = -452\,894 + 0\,367\,53Y_1 + 0\,451\,00Y_2 + 42\,245\,4Y_4 + 1\,092\,85Y_5$$

($F = 5\,56, P_r = 0\,000\,5$) (3)

$$Z_{\text{无芒雀麦}} = -70\,862 + 1\,329\,17Y_1 - 5\,928\,69Y_2 + 22\,938\,9Y_3 + 207\,549Y_4 + 171\,430Y_5$$

($F = 5\,26, P_r = 0\,000\,3$) (4)

$$Z_{\text{新麦草}} = -892.634 + 2.18762Y_1 + 4.60680Y_2 + 15.4612Y_3 + 3.201Y_4 + 263.961Y_5$$

$$(F = 33.11, P_r < 0.0001) \quad (5)$$

$$Z_{\text{鸭茅}} = -357.520 + 0.62104Y_1 + 0.44883Y_2 + 11.2328Y_3 + 58.177Y_4 + 290.096Y_5$$

$$(F = 9.19, P_r < 0.0001) \quad (6)$$

3 结果与讨论

1) 本研究针对 6 种禾本科牧草种子产量因子之间存在的复共线性, 采用岭回归估计法建立了种子产量与产量因子的岭回归模型。从模型(1)~(6)来看, 除模型(2)外, 6 种禾本科牧草提高任 1 个种子产量因子, 均可不同程度地提高种子产量。根据模型(1)~(6), 6 种牧草产量因子生殖枝数(Y_1)每提高 1 个单位, 种子产量提高 0.36~2.19 kg/hm²; 每生殖枝小穗数(Y_2)每提高 1 个单位, 种子产量提高 0.45~18.5 kg/hm²; 每小穗小花数(Y_3)每提高 1 个单位, 种子产量提高 11.23~44.96 kg/hm²; 每小穗种子粒数(Y_4)每提高 1 个单位, 种子产量提高 58.18~207.5 kg/hm²; 单粒种子重(Y_5)每提高 1 个单位, 种子产量提高 171.4~1092.8 kg/hm²。本试验 6 种

禾本科牧草种子产量因子每提高 1 个单位对其种子产量提高的大小顺序为: 单粒种子重(Y_5) > 每小穗种子粒数(Y_4) > 每小穗小花数(Y_3) > 每生殖枝小穗数(Y_2) > 生殖枝数(Y_1)。

2) 模型(2) 蓝茎冰草在籽粒灌浆期(06-19)由于大风原因, 有 69 小区突然不同程度倒伏(占总数 59.5%), 使其产量因子每小穗种子粒数(Y_4)的回归系数为 -107.5, 单粒种子重(Y_5)为 3.2; 模型(4)中无芒雀麦每生殖枝小穗数(Y_2)的回归系数为 -5.93, 本试验 116 小区无芒雀麦每生殖枝小穗数总平均为 66.37, 与文献[18~20]相比较, 可能是在本试验条件下, 无芒雀麦每生殖枝小穗数(Y_2)进入过饱和状态, 对其种子产量有负作用。张希山等^[18]研究表明, 在新疆无芒雀麦每生殖枝小穗数为 20~36; 从加拿大引进的无芒雀麦 Carlton 品种种植第 2 年, 分别在辽宁大连普兰店和河北承德鱼儿山牧场测得其每生殖枝小穗数分别为 53.6~60.2 和 27.5~34.5^[19,20]。而本试验发现, 无芒雀麦每生殖枝小穗数为 56.12~76.81, 116 小区总平均为 66.37, 与文献[21]结果相近, 与文献[18, 20]相差较大, 其原因尚待进一步研究。

[参考文献]

- [1] Draper N R, Smith H. Applied Regression Analysis[M]. New York: John Wiley & Sons, 1981.
- [2] Wetherill G B. Regression Analysis with Application[M]. London: Chapman & Hell, 1986.
- [3] Myers R H. Classical & Modern Regression with Application[M]. Boston: Duxbury Press, 1986.
- [4] Hoerl A E, Kennard R W. Ridge regression: Biased estimation for non-orthogonal problems[J]. Technometrics, 1970, 12: 55-68.
- [5] Hoerl A E, Kennard R W. Ridge regression: application for non-orthogonal problems[J]. Technometrics, 1970, 12: 69-72.
- [6] Lawless J F, Wang P A. Simulation of ridge and other regression estimators[J]. Common Statistic, 1976, 5: 307-323.
- [7] Modonaki G C, Galarneau D I A. Monte Carlo evaluation of some ridge-type estimations[J]. J Amer Statist Assoc, 1975, 70: 407-416.
- [8] 马春晖, 韩建国, 张玲, 等. 施氮肥对高羊茅种子质量和产量组成的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(6): 74-78.
- [9] Barker R E, Pender W F, Welty R E. Selection for stem rust resistance in tall fescue and its correlated response with seed yield[J]. Crop Science, 2003, 43(1): 75-80.
- [10] Jeremy W S. Fresh versus field-cured grass quality, mineral, and nitrate concentration at different nitrogen rates[J]. Crop Science, 2002, 42(5): 1656-1661.
- [11] Young W C, Chilcote D O. Chemical dwarfing and the response of cool-season grass seed crops to spring-applied nitrogen[J]. Agron Journal, 1999, 91(2): 344-350.
- [12] Young W C. Spring-applied nitrogen and productivity of cool-season grass seed crops[J]. Agron Journal, 1999, 91(2): 339-343.
- [13] 王兴仁. 现代肥料试验设计[M]. 北京: 农业出版社, 1996: 164-190.
- [14] 丁希泉. 农业应用回归设计[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1986: 101-151.
- [15] 白厚义, 肖俊璋. 试验研究及统计分析[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1998.
- [16] SAS Institute Inc. SAS/STAT User's Guide[M]. North Carolina: SAS Institute Inc, 1988: 941-947.
- [17] 曾庆, 周燕荣. 岭回归分析及其在大气环境因素对人群健康影响分析中的应用[J]. 中国卫生统计, 1997, 14(4): 25-28.
- [18] 张希山, 代连义, 王志杰, 等. 禾草饲料之王——无芒雀麦[J]. 新疆畜牧业, 2002, (4): 28-29.
- [19] 毛培胜, 韩建国, 王培, 等. 施肥对无芒雀麦和老芒麦种子产量的影响[J]. 草地学报, 2000, 8(4): 273-278.
- [20] 房丽宁, 韩建国, 王培, 等. 氮肥、植物生长调节剂和环境因素对无芒雀麦种子生产的影响[J]. 中国草地, 2001, 23(4): 31-37.

(下转第 26 页)

Studies on aroma components of aromatic tobacco condensate

ZHAO Ming-qin, HAN Fu-gen, SHAO Hui-fang, WANG Bao-xiang

(The Tobacco Department of Henan Agricultural University, Zhengzhou, Henan 450002, China)

Abstract A study was carried out on aroma components of aromatic tobacco condensate with GC/MS. The results showed that there were 8 kinds of aliphatic, 5 kinds of esters, 2 kinds of aldehydes, 2 kinds of nitrogen sulfur heterocyclic rings and one kind of hydrocarbon, alcohols, ketone, lactones respectively in the analyzed 21 kinds of aroma components, and the content of furfural, β -methyl valeric acid, palmitic acid, nicotine, neohydriene were higher, next were acetyl ethyl propionate, capric acid, phenyl ethyl acetate, hydroxylic diethyl succinate. At the same time, the contents of aroma components were tested with 3 extraction methods of aromatic tobacco condensate. The results showed that the quality of extract primary distilled by water was best and the contents of its aroma components were higher. Next was the twile distillation as extractant of equal water and ethyl alcohol. While the quality of extract made by the twile distillation as extractant ethyl alcohol was worst, and the contents of its most aroma components were also the lowest.

Key words: aromatic tobacco condensate; aroma constituent; relative content

(上接第 22 页)

Abstract ID: 1671-9387(2005)06-0018-EA

Ridge regression analysis of seed yield components of six grass species

WANG Quan-zhen^{1,2}, HAN Jian-guo¹, ZHOU He¹, LIU Fu-yuan², ZHONG Yong²

(1 Institute of Grassland Science, China Agricultural University, Key Laboratory of Grassland Science in Beijing, Beijing 100094, China;

2 Gansu Branch of Chengdu Daye International Interest Co Ltd, Jiuquan, Gansu 735009, China)

Abstract Based on multi-factor orthogonal designed field experiment, the ridge regression models of seed yield components and seed yield of the 6 grass species are founded through ridge regression analysis with big samples. Except the model of *Agropyron* L., increasing any seed yield component can increase seed yield. The order of the seed yield components to its yield is weight per seed > seed numbers per spikelet > florets per spikelet > spikelets per shoot > shoots.

Key words: six grass species; seed yield; seed yield components; ridge regression analysis