

王娜,杨镇,龚娜,等.植物内生菌次生代谢产物与玉米主要性状的灰色关联度分析[J].江苏农业科学,2013,41(11):77-80.

植物内生菌次生代谢产物与玉米主要性状的灰色关联度分析

王娜,杨镇,龚娜,李学龙,马晓颖,陈珣,肖军,曹君,杨涛

(辽宁省农业科学院微生物工程中心,辽宁沈阳 110161)

摘要:利用灰色关联度分析法研究不同组合植物内生菌次生代谢产物对玉米产量和主要农艺性状的影响。结果表明: $R_{12.5}D_{12.5}$ 、 $S_1R_{25}D_{25}$ 、 S_1D_{50} 、 S_2 、 $S_{0.5}R_{12.5}D_{12.5}$ 、 $R_{50}D_{50}$ 、 $R_{25}D_{25}$ 、 $S_2R_{50}D_{50}$ 、 S_1 、 S_2D_{100} 、CK、 $S_{0.5}D_{25}$ 、 $S_{0.5}$ 的关联度分别为 0.912 0、0.843 9、0.820 1、0.811 7、0.798 3、0.796 7、0.795 7、0.777 3、0.752 6、0.749 3、0.734 3、0.732 1、0.686 5。说明在玉米实际生产中,作用效果明显的次生代谢产物为 $R_{12.5}D_{12.5}$,其次为 $S_1R_{25}D_{25}$ 。

关键词:灰色关联度分析;玉米;农艺性状;植物内生菌;次生代谢产物

中图分类号: S513.01 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0077-03

植物内生菌是一类应用前景广阔的资源微生物,可长期定殖于植物体内,不易受外界环境的影响,其次生代谢产物对植物生长发育、抵抗病虫害侵袭及不良环境等具有广泛的生物学作用。单一指标难以准确地评价植物内生菌次生代谢产物对作物生长的影响,因此需要采用综合指标评价方法对其进行评价。灰色关联度分析(grey relational analysis)是一种量化比较分析方法,是根据数列的可比性和相近性,分析系统内部主要因素之间的相关程度,确定相关程度最大的因素^[1-2]。灰色关联系统自创立以来已在小麦、水稻、大豆和玉米等作物上得到了广泛的应用^[3-6]。为了比较不同组合植物内生菌次生代谢产物对玉米生长的影响,笔者采用灰色关联度分析方法,对其产量和主要农艺性状进行排序和筛选,以获得最佳的组合配方;将不同浓度次生代谢产物 S、SD、SRD、RD 对玉米主要性状的影响看作是一个灰色系统,利用灰色关联度分析理论,选出促生长效果显著的次生代谢产物,以为其在农业生产中的应用奠定基础。

1 材料与方法

1.1 供试地点与材料

试验于 2012 年在辽宁省农业科学院试验基地进行。供试土壤为沙壤土,含 30.9 mg/kg 碱解氮、22.6 mg/kg 速效磷、93.6 mg/kg 速效钾、50.3 g/kg 有机质。

供试材料为 3 种植物内生菌次生代谢产物,分别记为 S、R、D。用 $S_{0.5}(X_1)$ 、 $S_1(X_2)$ 、 $S_2(X_3)$ 、 $S_{0.5}D_{25}(X_4)$ 、 $S_1D_{50}(X_5)$ 、 $S_2D_{100}(X_6)$ 、 $S_{0.5}R_{12.5}D_{12.5}(X_7)$ 、 $S_1R_{25}D_{25}(X_8)$ 、 $S_2R_{50}D_{50}(X_9)$ 、 $R_{12.5}D_{12.5}(X_{10})$ 、 $R_{25}D_{25}(X_{11})$ 、 $R_{50}D_{50}(X_{12})$ 等 12 种处理分别拌种,处理的配方均由辽宁省农业科学院微生物工程中心研制,

对照(CK)用清水拌种。S、R、D 原液浓度均为 0.1%, $S_{0.5}(X_1)$ 、 $S_{0.5}D_{25}(X_4)$ 、 $S_{0.5}R_{12.5}D_{12.5}(X_7)$ 、 $R_{12.5}D_{12.5}(X_{10})$ 终浓度为 0.05%, $S_1(X_2)$ 、 $S_1D_{50}(X_5)$ 、 $S_1R_{25}D_{25}(X_8)$ 、 $R_{25}D_{25}(X_{11})$ 终浓度为 0.1%, $S_2(X_3)$ 、 $S_2D_{100}(X_6)$ 、 $S_2R_{50}D_{50}(X_9)$ 、 $R_{50}D_{50}(X_{12})$ 终浓度为 0.2%,其中 S:D 体积比为 1:50;S:D:R 为 1:25:25;R:D 为 1:1。

1.2 测定项目

试验采用完全随机排列,每小区 15 行,行长 1.5 m,3 次重复。2012 年 4 月 27 日播种,种植密度为 6 7500 株/hm²,9 月 19 日收获。每个小区实收中间 11 行(10 m²)进行测产,取 10 株进行考种,按常规方法测定株高、穗位、行数、秃尖、穗长、穗粗、轴粗、行粒数、百粒重、产量。

1.3 分析方法

灰色关联度分析,根据序列曲线几何形状的相似程度来判断其联系是否紧密,一组几何曲线形状越相似,则关联度越大,反之则越小,由此从所考察的复杂系统中找出主次因素,为系统综合决策及提高综合效益提供信息参考^[7]。计算方法主要包括构造参考序列、数据的无量纲化处理、参比数列在相对应各点与参考数列各点绝对差值的计算、关联度的计算,主要步骤如下^[8]。

第一步,确定参考序列 X_0 。根据灰色系统理论,把所有参比的植物内生菌次生代谢产物及对照作为一个灰色系统,将每一种植物内生菌次生代谢产物看做系统的一个因素,以各农艺性状均比参试植物内生菌次生代谢产物的最理想值为参考数列 X_0 。本试验中理想植物内生菌次生代谢产物指标的确定,依据于供试植物内生菌次生代谢产物所测得的最好的性状数值^[9],记为 $X_0(k)$,其中 k 为单项指标的序号,即 $X_0 = [X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)]$ 。

第二步,确定比较序列 X_i 。由试验和实际调查得出的各种种植模式单项指标所组成的数列称为比较数列,记为 $X_i(k)$,其中 k 为试验和实际调查的种植模式的种类^[1,10],即 $X_i = [X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)](i=1, 2, \dots, m)$ 。

第三步,计算关联系数。关联系数的计算公式为:

收稿日期:2013-04-25

基金项目:辽宁省科技攻关项目(编号:2011215005)

作者简介:王娜(1977—),女,辽宁营口人,硕士,副研究员,主要从事农业微生物资源相关研究。E-mail:wnsxh1999@126.com。

通信作者:杨涛,博士,研究员,主要从事微生物资源相关研究。

E-mail:smkxzx@sina.com。

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min \min |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \times \max \max |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \times \max \max |X_0(k) - X_i(k)|}$$

(1)

式中： $|X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X_i 数列与 X_0 数列在第 k 点之差的绝对值； $\min \min |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最小差， $\max \max |X_0(k) - X_i(k)|$ 为二级最大差，它们分别为 $|X_0(k) - X_i(k)|$ 集合中的最小值和最大值； ρ 为分辨系数， $\rho \in (0,1)$ ，用以削弱 $\min \min |X_0(k) - X_i(k)|$ 数值过大而失真的影响，提高关联系数之间的差异显著性，一般取 $\rho = 0.5$ ，当 $\rho > 0.5$ 时，关联系数之间的差异较小，当 $\rho < 0.5$ 时，关联系数之间的差异较大，本文中取 $\rho = 0.5$ ； $\varepsilon_i(k)$ 为 X_0 与 X_i 第 k 个指标的关联系数。

第四步，计算关联度。关联度的计算公式为：

$$r_i = 1/N \times \sum \varepsilon_i(k)。$$

(2)

式中： r_i 为比较数列 X_i 对参考数列 X_0 的关联度，是总体反应 X_0 与 X_i 数列之间的关联性的量度； N 为评价指标个数。

关联度分析包括关联系数、关联度、关联序和关联矩阵的计算。评价不同组合植物内生菌次生代谢物对玉米主要性状

影响的大小，即比较 $X_0(k)$ 和 $X_i(k)$ 所代表的曲线间几何形状的关联程度。

2 结果与分析

2.1 产量和主要农艺性状的灰色关联度分析

灰色关联度分析关键在于参考数列的选定，白伟等采用专家调查的形式由相关专家(10 个以上)确定各指标的最优值^[7]；专家评估的初步结果经适当的数学处理后反馈给各位专家，请专家重新修改或确认，经多轮反复最终确定参考数列 X_0 ；将试验数据的平均值组成比较数列，评价指标主要为玉米的农艺性状^[1,11-12]，包括株高、穗位、行数、秃尖、穗长、穗粗、轴粗、行粒数、百粒重和产量 10 个指标(表 1)。

2.2 求出关联系数

由于所考察的各指标量纲不一致，需对原始数据做初始化处理，使之无量纲化，用每一列的 X_0 分别去除对应该列的 X_i ，从而得到一个新的数列(表 2)。

然后用 $\Delta_i(k) = |X_0(k) - X_i(k)|$ 表示 X_0 数列与 X_i 数列在 k 列($k = 1,2,3,4,5,6,7$)的绝对差值，求出各对应列点的绝对差值(表 3)。

表 1 玉米主要农艺性状的平均值

处理	株高 (cm)	穗位 (cm)	行数	秃尖 (cm)	穗长 (cm)	穗粗 (cm)	轴粗 (cm)	行粒数	百粒重 (g)	产量 (kg/hm ²)
X_0	220.00	77.00	16.00	0.20	15.00	5.00	2.30	38.00	40.00	15 000.00
X_1	260.08	121.26	13.27	0.28	15.22	4.34	2.94	30.45	20.00	11 356.63
X_2	236.10	101.57	13.47	0.14	15.81	4.74	2.67	33.18	31.13	12 566.75
X_3	229.58	135.71	14.09	0.16	15.50	4.75	2.59	35.28	37.08	13 426.59
X_4	240.43	116.46	13.33	0.16	15.10	4.37	2.68	32.20	30.99	11 291.20
X_5	228.15	115.00	13.68	0.16	14.87	4.64	2.58	37.89	36.68	13 110.56
X_6	241.03	122.45	13.20	0.22	15.15	4.52	2.50	30.26	27.79	11 261.21
X_7	238.49	120.21	13.47	0.19	15.19	4.74	2.57	33.56	31.41	12 819.08
X_8	225.87	121.56	14.33	0.22	15.36	4.54	2.59	38.46	37.49	13 390.53
X_9	238.30	105.54	13.47	0.17	15.05	4.71	2.61	32.44	31.10	12 423.73
X_{10}	220.50	98.00	15.30	0.20	14.80	4.74	2.58	37.80	38.74	14 083.71
X_{11}	235.38	119.05	13.47	0.20	15.64	4.49	2.56	33.84	31.41	13 035.32
X_{12}	233.96	113.39	13.47	0.18	16.88	4.75	2.56	34.28	33.98	13 045.78
CK	250.48	110.46	13.00	0.26	13.44	4.67	2.78	33.56	28.48	12 551.33

表 2 指标的无量纲化值

处理	株高	穗位	行数	秃尖	穗长	穗粗	轴粗	行粒数	百粒重	产量
X_0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
X_1	0.845 9	0.635 0	1.206 0	0.719 4	0.985 5	1.151 3	0.782 0	1.247 9	2.000	1.320 8
X_2	0.931 8	0.758 1	1.188 1	1.456 3	0.948 6	1.054 3	0.860 0	1.145 3	1.284 9	1.193 6
X_3	0.958 3	0.567 4	1.135 6	1.247 4	0.967 5	1.051 6	0.887 5	1.077 1	1.078 7	1.117 2
X_4	0.915 0	0.661 2	1.200 0	1.279 3	0.993 2	1.143 6	0.858 6	1.180 1	1.290 7	1.328 5
X_5	0.964 3	0.669 6	1.169 8	1.290 3	1.008 5	1.077 5	0.890 1	1.002 8	1.090 5	1.144 1
X_6	0.912 7	0.628 8	1.212 1	0.905 0	0.990 4	1.106 2	0.918 5	1.255 9	1.439 4	1.332 0
X_7	0.922 5	0.640 5	1.188 1	1.041 7	0.987 8	1.055 6	0.895 3	1.132 3	1.273 7	1.170 1
X_8	0.974 0	0.633 4	1.116 3	0.898 1	0.976 6	1.101 9	0.889 4	0.988 0	1.067 1	1.120 2
X_9	0.923 2	0.729 6	1.188 1	1.167 3	0.996 9	1.061 6	0.882 5	1.171 4	1.286 4	1.207 4
X_{10}	0.997 7	0.785 7	1.045 8	1.000 0	1.013 9	1.054 5	0.890 5	1.005 3	1.032 5	1.065 1
X_{11}	0.934 6	0.646 8	1.188 1	1.015 2	0.959 1	1.113 3	0.899 3	1.122 9	1.273 5	1.150 7
X_{12}	0.940 3	0.679 1	1.187 7	1.084 3	0.888 7	1.052 9	0.898 0	1.108 5	1.177 3	1.149 8
CX	0.878 3	0.697 1	1.230 8	0.757 3	1.116 3	1.070 2	0.828 8	1.132 3	1.404 6	1.195 1

表 3 X_0 与 X_i 数列的绝对差值

处理	株高	穗位	行数	秃尖	穗长	穗粗	轴粗	行粒数	百粒重	产量
X_1	0.154 1	0.365 0	0.206 0	0.280 6	0.014 5	0.151 3	0.107 7	0.247 9	1.00 0	0.320 8
X_2	0.068 2	0.241 9	0.188 1	0.456 3	0.051 4	0.054 3	0.140 0	0.145 3	0.284 9	0.193 6
X_3	0.041 7	0.432 6	0.135 6	0.247 4	0.032 5	0.051 6	0.112 5	0.077 1	0.078 7	0.117 2
X_4	0.085 0	0.338 8	0.200 0	0.279 3	0.006 8	0.143 6	0.141 4	0.180 1	0.290 7	0.328 5
X_5	0.035 7	0.330 4	0.169 8	0.290 3	0.008 5	0.077 5	0.109 9	0.002 8	0.090 5	0.144 1
X_6	0.087 3	0.371 2	0.212 1	0.095 0	0.009 6	0.106 2	0.040 7	0.255 9	0.439 4	0.332 0
X_7	0.077 5	0.359 5	0.188 1	0.041 7	0.012 2	0.055 6	0.104 7	0.132 3	0.273 7	0.170 1
X_8	0.026 0	0.366 6	0.116 3	0.101 9	0.023 4	0.101 9	0.110 6	0.012 0	0.067 1	0.120 2
X_9	0.076 8	0.270 4	0.188 1	0.167 3	0.003 1	0.061 6	0.117 5	0.171 4	0.286 4	0.207 4
X_{10}	0.002 3	0.214 3	0.045 8	0.000 0	0.013 9	0.054 5	0.109 5	0.005 3	0.032 5	0.065 1
X_{11}	0.065 4	0.353 2	0.188 1	0.015 2	0.040 9	0.113 3	0.100 7	0.122 9	0.273 5	0.150 7
X_{12}	0.059 7	0.320 9	0.187 7	0.084 3	0.111 3	0.052 9	0.102 0	0.108 5	0.177 3	0.149 8
CK	0.121 7	0.302 9	0.230 8	0.242 7	0.116 3	0.070 2	0.118 9	0.132 3	0.404 6	0.195 1

由表 3 可以看出,二级最小差 $\min \min |X_0(k) - X_i(k)|$ 当 ρ 为 0.5 时,把各点相应的 $\Delta_i(k)$ 带入公式 1 中,得到 ε_i 为 0.000 0,二级最大差 $\max \max |X_0(k) - X_i(k)|$ 为 1.000 0, (k) ,即可得到 X_0 与 X_i 各指标的相关系数(表 4)。

表 4 不同性状的关联系数

处理	株高	穗位	行数	秃尖	穗长	穗粗	轴粗	行粒数	百粒重	产量
X_1	0.764 4	0.578 1	0.591 4	0.701 4	0.811 3	0.876 9	0.822 7	0.710 2	0.333 3	0.609 2
X_2	0.880 0	0.673 9	0.726 6	0.522 8	0.906 7	0.902 0	0.781 3	0.774 9	0.637 0	0.720 8
X_3	0.923 0	0.536 1	0.786 6	0.669 0	0.939 0	0.906 5	0.816 3	0.866 4	0.864 0	0.810 1
X_4	0.854 7	0.596 1	0.714 3	0.641 6	0.986 5	0.776 8	0.779 6	0.735 2	0.632 3	0.603 5
X_5	0.933 3	0.602 1	0.746 5	0.632 7	0.983 3	0.865 8	0.819 8	0.994 4	0.846 7	0.776 3
X_6	0.851 4	0.573 9	0.702 1	0.840 3	0.981 2	0.824 9	0.924 8	0.661 5	0.532 2	0.601 0
X_7	0.865 8	0.581 8	0.726 6	0.923 1	0.976 2	0.899 9	0.826 8	0.790 8	0.646 3	0.746 1
X_8	0.950 6	0.577 0	0.811 3	0.830 6	0.955 3	0.830 7	0.818 9	0.976 6	0.881 7	0.806 2
X_9	0.866 8	0.649 0	0.726 6	0.749 3	0.993 8	0.890 4	0.809 7	0.744 7	0.635 8	0.706 8
X_{10}	0.995 5	0.700 0	0.916 2	1.000 0	0.973 0	0.901 7	0.820 4	0.989 5	0.938 9	0.884 9
X_{11}	0.884 4	0.586 0	0.726 6	0.970 4	0.924 3	0.815 2	0.832 3	0.802 7	0.646 4	0.768 4
X_{12}	0.893 4	0.609 1	0.727 0	0.855 7	0.818 0	0.904 4	0.830 6	0.821 7	0.738 2	0.769 5
CK	0.8043	0.622 7	0.684 2	0.673 2	0.811 3	0.876 9	0.807 9	0.790 8	0.552 7	0.719 3

2.3 求关联度及排序

按照灰色系统理论中关联度分析原则,关联度越大的处理与理想处理越接近,相应的处理越优良。从表 5 可以看出,在综合各性状进行关联度评判时,各处理的优劣排序是 $X_{10} > X_8 > X_5 > X_3 > X_7 > X_{12} > X_{11} > X_9 > X_2 > X_6 > CK > X_4 > X_1$; 关联度分别为 0.912 0,0.843 9,0.820 1,0.811 7,0.798 3,0.796 7,0.795 7,0.777 3,0.752 6,0.749 3,0.734 3,0.732 1,0.686 5。说明 $R_{12.5}D_{12.5}$ 处理效果最显著,关联度为 0.912 0, $S_1R_{25}D_{25}$ 次之,关联度为 0.843 9。

3 结论与讨论

利用灰色关联度分析的植物内生菌次生代谢产物处理玉米评价结果表明,处理效果优劣顺序为 $R_{12.5}D_{12.5} > S_1R_{25}D_{25} > S_1D_{50} > S_2 > S_{0.5}R_{12.5}D_{12.5} > R_{50}D_{50} > R_{25}D_{25} > S_2R_{50}D_{50} > S_1 > S_2D_{100} > CK > S_{0.5}D_{25} > S_{0.5}O$ 。 $R_{12.5}D_{12.5}$ 最好,关联度为 0.912 0,其次为 $S_1R_{25}D_{25}$,关联度为 0.843 9。说明 $R_{12.5}D_{12.5}$ 的综合性状表现最好,适宜在玉米上使用,该结果与试验中的实际表现相吻合,其中产量、百粒重、行粒数、行数、秃尖表现最为显著,产量比对照高 12.21%,百粒重比对照高 36.03%,行粒数比

表 5 不同处理的关联度及排序

处理	关联度	排序
X_1	0.686 5	13
X_2	0.752 6	9
X_3	0.811 7	4
X_4	0.732 1	12
X_5	0.820 1	3
X_6	0.749 3	10
X_7	0.798 3	5
X_8	0.843 9	2
X_9	0.777 3	8
X_{10}	0.912 0	1
X_{11}	0.795 7	7
X_{12}	0.796 7	6
CK	0.734 3	11

对照高 12.63%,行数比对照高 17.69%,秃尖比对照短 23.08%。

本研究采用灰色关联度分析方法,旨在探索应用简便、准确、科学的分析方法筛选出适于玉米的最优植物内生菌次生代谢产物组合,确切地了解和掌握不同植物内生菌次生代谢

王志春,王永慧,陈建平,等. 氮磷钾肥配施对盐碱地甜高粱产量及干物质积累的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(11):80-81.

氮磷钾肥配施对盐碱地甜高粱产量及干物质积累的影响

王志春¹,王永慧²,陈建平²,张 萼²,王海洋²,赫明涛¹

(1. 江苏沿海地区农业科学研究所新洋农业试验站,江苏盐城 224049;

2. 江苏沿海地区农业科学研究所/农业部沿海盐碱地农业科学观测试验站,江苏盐城 224002)

摘要:采用田间小区试验方法,研究氮磷钾肥不同配施处理对盐碱地甜高粱产量及干物质积累量的影响。结果表明,限制盐碱地甜高粱产量的肥料因子依次为氮肥、磷肥、钾肥。氮磷钾肥料运筹方式中以基施氮肥、磷肥,拔节期追施氮肥、钾肥获得的生物产量、籽粒产量和茎秆含糖量较高,整个生育期保持较高的干物质日增量和积累量。

关键词:氮磷钾肥;甜高粱;盐碱地;产量;干物质

中图分类号: S514.06 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)11-0080-02

甜高粱属于 C₄ 植物,是高效能植物,具有生物学产量高、糖分含量高、抗旱、耐涝、耐盐碱、适应性强等优势^[1-2]。前人认为,甜高粱的单位含糖量远高于其他经济作物,相当于甘蔗的 1.3 倍,玉米的 3 倍。甜高粱秆是成本最低的燃料乙醇生产原料,合成的碳水化合物可产乙醇 48 L/(hm²·d)^[3]。江苏省沿海滩涂总面积超过 66.7 万 hm²,居全国首位,其中潮上带 29.5 万 hm²,且每年以 0.13 万 hm² 速度增长。在盐碱地种植适应性好、抗逆性强、生物量较高的甜高粱作为不以粮食为基础的生物质燃料(以乙醇为主)的原料,既可以达到以种降盐改良劣质土壤、改善盐碱土理化结构的目的,也有利于改善盐碱地区的生态环境,对江苏农业持续高效发展具有重

要意义^[4-5]。

施肥是保障甜高粱高产优质的重要农艺措施。近年来,随着配方施肥技术的日趋成熟,根据土壤供肥能力、甜高粱生长发育规律以及当地生产水平进行施肥,是甜高粱科学生产的必然趋势。鉴于长期以来盐碱地甜高粱的施肥方式上缺乏系统科学的研究,本试验一方面研究了氮、磷、钾三要素对盐碱地甜高粱产量和主要生物性状的影响,另一方面就氮磷钾肥不同运筹方式对甜高粱的产量及生物性状的影响进行了初步探索,旨在为盐碱地甜高粱高效种植提供必要的科学指导。

1 材料与方法

1.1 试验设计

田间试验于 2011 年在江苏省大丰市金海农场盐碱地进行,供试高粱品系为 ST005,6 月中旬播种,11 月上旬收获。土壤含盐量为 0.24%。试验设 8 个处理:T0(对照),全生育期不施任何肥料;T1,肥料基施+拔节期施氮处理(基施尿素 120 kg/hm²、过磷酸钙 495 kg/hm²、硫酸钾 105 kg/hm²,拔节期追施尿素 225 kg/hm²);T2,肥料基施处理(基施尿素 120 kg/hm²、过磷酸钙 495 kg/hm²、硫酸钾 105 kg/hm²);T3,缺氮处理(基施过磷酸钙 495 kg/hm²、硫酸钾 105 kg/hm²);

收稿日期:2013-07-15

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(13)2030];江苏省科技支撑计划(编号:BE2012411)。

作者简介:王志春(1972—),男,江苏盐城人,副研究员,主要从事土壤肥料、资源环境研究。E-mail:wzczyh@126.com。

通信作者:王永慧(1983—),男,江苏盐城人,助理研究员,主要从事滩涂经济作物耐盐栽培技术及生理研究。E-mail:huiyw2008@163.com。

产物的作用浓度及效应,为植物内生菌次生代谢产物的科学使用提供参考依据。

参考文献:

- [1]邓聚龙. 灰色系统基本方法[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1987.
- [2]邓聚龙. 农业系统灰色理论与方法[M]. 济南:山东科学技术出版社,1988.
- [3]黄 峰,郑天存,殷贵鸿,等. 冬小麦杂优组合主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 种子,2004,23(7):65-66.
- [4]孙海潮,万金红,郭安斌,等. 灰色关联度分析在玉米组合鉴定试验中的应用[J]. 玉米科学,2006,14(2):47-49.
- [5]李玉发,何中国,李淑芳,等. 东北地区春小麦主要性状与产量间的灰色关联分析[J]. 麦类作物学报,2005,25(1):139-141.
- [6]史向远,李永平,周 静,等. 旱地玉米种植密度与产量及农艺性状的相关和灰色关联度分析[J]. 玉米科学,2012,20(6):

94-97.

- [7]白 伟,孙占祥,郑家明,等. 基于灰色关联度分析的辽宁阜新地区玉米品种评价[J]. 沈阳农业大学学报,2010,41(6):649-653.
- [8]杨净云,海建平,赵丽君,等. 新型水溶肥料对茶叶产量与生化成分影响的灰色关联度分析[J]. 河南农业科学,2012,41(6):50-53.
- [9]严明建,黄文章,胡景涛,等. 2 个类型水稻组合主要性状的灰色关联分析[J]. 中国农学通报,2011,27(15):44-47.
- [10]邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉:华中理工大学出版社,1986:103-108.
- [11]武兰芳. 玉米主要农艺性状的灰色关联度分析[J]. 玉米科学,1997,6(1):72-75.
- [12]王立秋. 玉米杂交种产量性状与产量的灰色关联度分析[J]. 玉米科学,1997,6(4):23-25,29.
- [13]陈举林,刘桂玲. 灰色关联分析在玉米高产育种上的应用[J]. 农业系统科学与综合研究,1993,9(2):143-145.