

高台县饲粮兼用型玉米氮磷钾适宜施量研究

向茂红¹, 车月英², 包国举³

(1. 高台县经济作物技术推广站, 甘肃 高台 734300; 2. 高台县种子公司, 甘肃 高台 734300; 3. 高台先行种业, 甘肃 高台 734300)

摘要: 在不同肥力条件下, 进行了玉米施肥“3414”试验, 采用 Excel 软件回归分析, 依据《测土配方施肥技术规范》, 以玉米相对产量 50%以下、50%~70%、70%~90%、90%以上为标准, 土壤丰缺养分级别分为高、中、低、极低 4 个级别, 建立了试验区土壤丰缺指标体系, 提出了高台县饲粮兼用玉米高、中、低肥力 N、P、K 配合使用及经济最佳施肥量。

关键词: 高台县; 测土施肥; 饲粮兼用玉米; 养分丰缺指标; 施肥量; 最佳施肥量

中图分类号: S513; S147.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0004-06

[doi:10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.002)

高台县是全国商品粮基地县之一, 2019 年全县农作物播种面积 3.65 万 hm^2 , 其中粮食作物播种 1.86 万 hm^2 , 全年粮食产量 12 740.6 万 kg , 平均 6 840 kg/hm^2 。近年来,

收稿日期: 2021-06-02

作者简介: 向茂红(1973—), 男, 甘肃高台人, 高级农艺师, 主要从事农业技术推广和农产品检测检验工作。联系电话: (0)18909364446。Email: 275333652@qq.com。

通信作者: 车月英(1975—), 女, 甘肃高台人, 主要从事良种繁育及技术推广工作。联系电话: (0)18909364446。Email: 275333652@qq.com。

底施农家肥 30 000 kg/hm^2 以上、普通过磷酸钙 450 ~ 600 kg/hm^2 、尿素 150 ~ 225 kg/hm^2 。干旱山区追肥效果不佳, 底肥应一次施足, 二阴山区在起身拔节期视苗情追施尿素 150 ~ 180 kg/hm^2 。适期播种, 高山二阴区宜在 9 月中旬播种, 浅山区 9 月下旬播种为宜, 播深应掌握在 4 ~ 5 cm 为宜。该品种分蘖力较好, 成穗率高, 播量一般 187.5 ~ 225.0 kg/hm^2 , 保苗 375 万株 $/\text{hm}^2$ 左右。抽穗后应及时防蚜, 并叶面喷施 2 ~ 3 g/kg 磷酸二氢钾溶液以增加粒重^[7]。此外、播种前要做好发芽试验, 晒种 2 ~ 3 d, 筛去草籽和瘪粒, 用 50% 辛硫磷乳油按药种质量比为 1 : 1 000 的比例加适量清水拌种, 以防治地下害虫。

参考文献:

- [1] 张耀辉, 宋建荣, 王伟, 等. 天水市优质小麦生产现状与发展建议[J]. 中国种业, 2018(5): 41-43.
- [2] 邓根生, 宋建荣. 秦岭西段南北麓主要作物种植[M]. 北京: 中国农业出版社, 2015.
- [3] 张喜平, 张二喜, 宋建荣, 等. 天水市雨养旱区不同覆膜方式施肥水平对小麦产量构成的影响[J]. 农业科技与信息, 2015(5): 23-24.
- [4] 王娜, 宋建荣, 周喜旺, 等. 冬小麦新品种中梁 34 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2019(5): 1-3.
- [5] 魏志平, 宋建荣, 周喜旺, 等. 冬小麦新品种中梁 35 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2019(6): 1-3.
- [6] 王娜, 宋建荣, 周喜旺, 等. 冬小麦新品种中梁 38 号选育报告[J]. 甘肃农业科技, 2020(9): 7-9.
- [7] 田斌. 庄浪县冬小麦全膜覆土穴播栽培密度试验初报[J]. 甘肃农业科技, 2011(10): 7-8.

(本文责编: 郑立龙)

高台县积极发展饲粮兼用型玉米，推行玉米整株青贮，发展草畜产业，不仅农业结构调整成效显著，同时也让农民实现了增产增收。我们针对高台县不同区域土壤状况、地貌类型等，在不同区域分高、中、低肥力条件开展了饲粮兼用玉米“3414”试验，提出了高台县不同肥力条件土壤丰缺指标体系，制定了土壤养分丰缺指标下施肥量。

1 试验区概况

高台县位于河西走廊中部，黑河中游下段。南抵祁连，北依合黎，黑河纵贯东西。辖 9 镇，136 个行政村，总人口 15.83 万人。全县总面积 459.7 km²，耕地面积 3.96 万 hm²。全境海拔为 1 260 ~ 3 140 m，大陆沙漠干旱型气候，全年无霜期 150 d 左右，多年平均降水量 103 mm，蒸发量 2 000 mm 左右，年日照时数 3 088 h，热量丰富，昼夜温差大。

2 材料与方法

2.1 供试作物

指示作物为玉米品种正德 305。

2.2 供试肥料

供试肥料为尿素(新疆心连心能源化工生产，含 N 46%)，普通过磷酸钙(云南玉溪星海肥业生产，含 P₂O₅ 12%)，硫酸钾(青海格尔木钾肥厂生产，含 K₂O 50%)。

2.3 试验设计及方法

试验在新坝镇、南华镇、骆驼城镇、罗

城镇按照高肥力 3 个、中肥力 4 个、低肥力 3 个点开展。试验采用“3414”完全实施方案，因素选择氮、磷、钾三个大量元素，水平设 4 个，0 水平不施肥，2 水平指当地推荐施肥水平，1 水平 = 2 水平 × 0.5，3 水平 = 2 水平 × 1.5(过量施肥水平)，随机区组排列，不设重复，小区间及试验四周设有土埂，单排单灌，试验四周设有保护行，小区面积保证在 30 m² 以上，试验各处理及施肥量见表 1。

2.4 数据处理

采用 Excel 数据分析软件，分析多元回归、主效应分析、交互效应分析、边际产量分析、最佳施肥量、最大施肥量。

3 结果与分析

3.1 土壤养分丰缺指标

根据 10 个饲粮兼用玉米“3414”的肥效试验，饲粮兼用玉米施肥体系丰缺指标用缺肥区产量占全肥区产量百分数，即相对产量的高低来表征土壤养分的丰缺情况^[1-2]。各试验区处理 6 为全肥区(NPK)，处理 2、4、8 为缺肥区(PK、NK、NP)，收获后计算产量相对数。以对数类型建立玉米相对产量和土壤养分之间的回归曲线，得出两者之间的回归方程。

3.1.1 相对产量与耕层碱解氮含量的关系

土壤碱解氮和玉米相对含量的回归方程为 $Y=27.513 \ln(x)-25.069 \ 0(R^2=0.400 \ 3)$ ，相

表 1 玉米“3414”试验各处理及施肥量

kg/hm ²									
序号	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	序号	处理	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	1(N ₀ P ₀ K ₀)	0	0	0	8	8(N ₂ P ₂ K ₀)	300	120	0
2	2(N ₀ P ₂ K ₂)	0	120	60	9	9(N ₂ P ₂ K ₁)	300	120	30
3	3(N ₁ P ₂ K ₂)	150	120	60	10	10(N ₂ P ₂ K ₃)	300	120	90
4	4(N ₂ P ₀ K ₂)	300	0	60	11	11(N ₃ P ₂ K ₂)	450	120	60
5	5(N ₂ P ₁ K ₂)	300	60	60	12	12(N ₁ P ₁ K ₂)	150	60	60
6	6(N ₂ P ₂ K ₂)	300	120	60	13	13(N ₁ P ₂ K ₁)	150	120	30
7	7(N ₂ P ₃ K ₂)	300	180	60	14	14(N ₂ P ₁ K ₁)	300	60	30

表2 玉米“3414”试验各处理产量

kg/hm²

序号	低肥力产量	中肥力产量	高肥力产量	序号	低肥力产量	中肥力产量	高肥力产量
1	3 525.0	4 577.4	6 077.4	8	5 701.7	7 404.0	9 730.3
2	5 174.3	6 588.0	7 546.7	9	5 819.3	7 542.0	9 923.5
3	5 564.0	7 174.5	9 423.5	10	5 984.6	7 654.5	10 092.7
4	5 586.2	7 254.0	9 431.9	11	5 659.6	7 219.5	9 585.3
5	5 987.2	7 764.0	10 108.2	12	5 627.7	7 299.7	9 545.8
6	6 143.6	7 848.0	10 219.7	13	5 546.1	7 204.3	9 559.4
7	6 207.8	7 801.5	10 158.0	14	5 473.0	7 107.0	9 437.2

相关性达到显著水平(图1)。

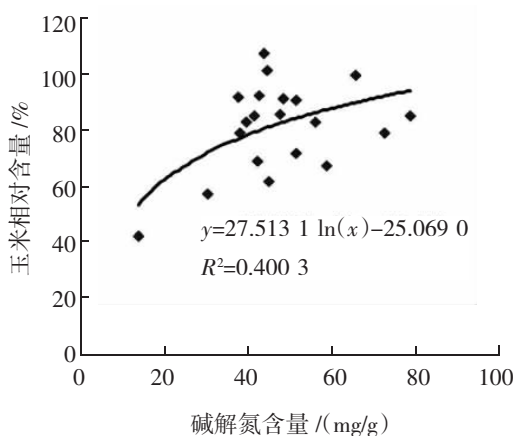


图1 玉米相对产量与耕层碱解氮关系

3.1.2 相对产量与耕层有效磷含量的关系
土壤有效磷和玉米相对含量的回归方程为 $Y=37.470 0 \ln(x)-28.320 0$ ($R^2=0.510 0$), 相关性达到显著水平(图2)。

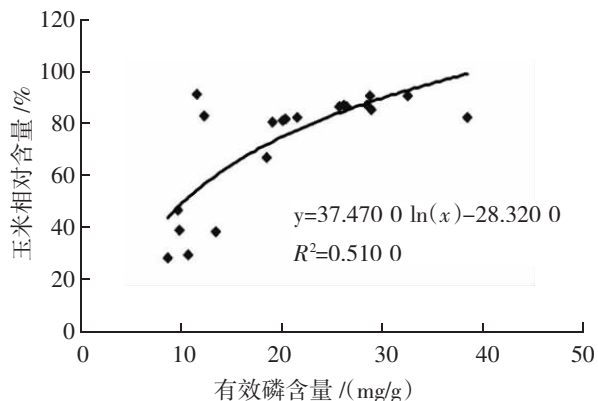


图2 玉米相对产量与耕层有效磷关系

3.1.3 相对产量与耕层速效钾含量的关系
土壤速效钾和玉米相对含量的回归方程为 $Y=43.628 0 \ln(x) - 53.239 0$ ($R^2=0.806 6$), 相关性达到极显著水平(图3)。

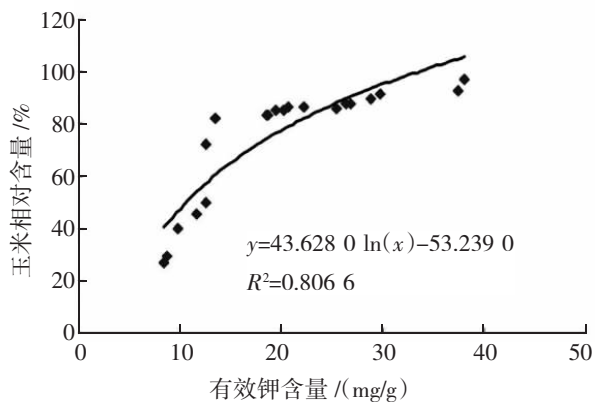


图3 玉米相对产量与耕层速效钾关系

依据《甘肃省测土配方施肥技术规范》，用相对产量50%、70%、90%分别计算出对应土壤养分含量，即得到玉米土壤养分丰缺指标体系(表3)，分极低(相对产量<50%)、低(相对产量50%~70%)、中(相对产量70%~90%)、高(相对产量≥90%)4个水平。同时确定对应的肥料施用量。

3.2 模型的建立

肥力效应方程式模拟施肥量和产量之间的数量关系模拟三元二次效应方程： $Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_3x_3+b_4x_1+b_5x_2+b_6x_3+b_7x_1x_2+b_8x_1x_3+b_9x_2x_3$ ，建立数学模型对玉米施肥进行拟合。

将试验方案设计与得到产量结果在 Excel 中进行回归分析，得到肥料效应方程。

经分析，玉米肥料效应回归模型全部为 x_1 、 x_2 、 x_3 三元二次多项式回归模型， F 值 $> F_{0.05}$ ，高肥力 $F=154.05 > F_{0.05}=0.001$ ，中肥力 $F=23.34 > F_{0.05}=0.004$ ，低肥力 $F=19.58 > F_{0.05}=0.006$ 。经显著性检验达到极显著水平，说明肥料效应回归模型具有实际应用价值，可以用于高台县饲料兼用型玉米施肥量的预测。

3.3 单因素分析

x_1 、 x_2 、 x_3 各施肥因子对产量影响的独立效应，所得回归方程为：

$$Y=b_0+b_1x_1+b_4x_1^2$$

$$Y=b_0+b_2x_2+b_5x_2^2$$

$$Y=b_0+b_3x_3+b_6x_3^2$$

经分析，各产量等级 F 值均大于 $F_{0.05}$ ，

反映了玉米产量与主控因子 x_1 (氮)、 x_2 (磷)、 x_3 (钾)、P、K 的相关因子达到显著水平，说明玉米产量氮、磷、钾肥之间有显著回归关系。经回归， R^2 值最低的低肥力钾回归复相关系数为 0.887 1，其他较高，表明拟合性好。

从表 5 看出，增产效果居首位的为氮肥，中肥力下施 N 增产 1 260.0 kg/hm²，增产率 29.7%；低肥力下磷肥的增产幅度次之，施 P₂O₅ 增产 557.4 kg/hm²，增产率 15.8%；高肥力下施 K₂O 最高增产 489.4 kg/hm²，增产率 8.1%，增产效果顺序为氮>磷>钾。从单位养分的增产效果看，钾(K₂O)素的增产效果最高，为 7.36 ~ 8.16 kg/kg；磷(P₂O₅)素的增产效果次之，为 4.64 ~ 6.56 kg/kg；氮(N)素的增产效果最低，为 3.23 ~ 5.57 kg/kg。

表 3 高台县饲料兼用玉米养分丰缺指标体系

肥力等级	相对产量 /%	碱解氮丰缺指标 / (mg/kg)	有效磷丰缺指标 / (mg/kg)	速效钾丰缺指标 / (mg/kg)
极低	<50	15.30	8.09	10.87
低	50 ~ 70	15.30 ~ 31.67	8.09 ~ 13.79	10.87 ~ 17.25
中	70 ~ 90	31.67 ~ 65.52	13.79 ~ 23.52	17.25 ~ 27.40
高	≥90	≥65.52	≥23.52	≥27.40

表 4 不同肥力土壤等级玉米肥料效应方程回归系数

肥力等级	b_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	b_7	b_8
低肥力	3 516.58	6.411 2	7.623 5	26.987 2	-0.010 2	0.000 4	-0.045 6	0.006 3	-0.019 3
中肥力	4 569.792	8.387 9	12.407 4	33.470 3	-0.014 3	-0.011 4	-0.056 2	0.006 9	-0.016 3
高肥力	6 083.628	12.407 6	18.439 9	33.972 7	-0.028 7	-0.042 3	-0.122 8	0.024 2	0.036 9

表 5 N、P、K 肥料在玉米上增产效应

肥力等级	氮肥增产效应			磷肥增产效应			钾肥增产效应		
	增产量 / (kg/hm ²)	增产 / %	单位养分增产 / (kg/kg)	增产量 / (kg/hm ²)	增产 / %	单位养分增产 / (kg/kg)	增产量 / (kg/hm ²)	增产 / %	单位养分增产 / (kg/kg)
低肥力	969.3	27.5	3.23	557.4	15.8	4.64	441.9	12.5	7.36
中肥力	1 260.0	29.7	4.20	594.0	12.7	4.95	444.0	9.7	7.40
高肥力	1 673.0	26.3	5.57	787.8	13.1	6.56	489.4	8.1	8.16

表 6 不同肥力土壤最佳施肥量及最大施肥量

肥力等级	基础肥力产量 (kg/hm ²)	最大施肥量			产量 (kg/hm ²)	最佳施肥量			产量 (kg/hm ²)	施肥配比 N:P ₂ O ₅ :K ₂ O
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
低肥力	3 516.58	272.61	125.89	85.14	6 022.62	182.21	124	53.71	5 831.82	1:0.68:0.29
中肥力	4 569.8	284.56	126.29	68.77	7 697.52	208.38	118.68	49.22	7 547.28	1:0.57:0.24
高肥力	6 183.7	308.59	121.46	64.12	10 204.27	251.55	105.77	51.94	10 083.9	1:0.42:0.21

3.4 交互作用分析

营养元素间的相互作用必然影响作物营养与产量。对三元二次肥料效应方程，分别采用“降维法”固定一个因素在零水平，这相当于在特定条件下所做的交互效应试验，所得回归方程为：

$$Y=b_0+b_1x_1+b_2x_2+b_4x_1x_2+b_7x_1^2+b_8x_2^2$$

$$Y=b_0+b_1x_1+b_3x_3+b_5x_1x_3+b_7x_1^2+b_9x_3^2$$

$$Y=b_0+b_2x_2+b_3x_3+b_6x_2x_3+b_8x_2^2+b_9x_3^2$$

以处理 2、处理 3、处理 4、处理 5、处理 6、处理 7、处理 11、处理 12 为 NP 交互效应研究，处理 2、处理 3、处理 6、处理 8、处理 9、处理 10、处理 11、处理 13 为 NK 交互效应研究，处理 4、处理 5、处理 6、处理 7、处理 8、处理 9、处理 10、处理 14 为 PK 交互研究。在不同肥料的交互作用中，NP 的交互作用在低肥力条件下影响最大，NK 的交互作用在高肥力条件下影响最大，PK 的交互作用在中肥力条件下影响最大。

3.5 模型优化

作物最佳施肥量是指边际成本等于边际利润、肥料的边际利润为零时的施肥量^[3-6]。运用 Excel 分析软件，对高台县 10 个玉米“3414”肥效试验进行分析，肥料效应方程式拟合结果呈显著水平。用三元二次肥料效应函数分别求产量对 N、P、K 三个因素求偏导，即得其边际产量。边际产量等于肥料的单价除以玉米的单价施用的施肥量为最优施肥量。本试验采用的 N、P₂O₅、K₂O 和玉米的价格分别为 4.89 元/kg、5.83 元/kg、9.42 元/kg、2.00 元/kg。经过 Excel 数据分析软件对数据进行统计和分析，建立高台县

不同肥力条件下最佳施肥料量及最大施肥量(表6)。高台县饲粮兼用玉米平均经济最佳施肥量及配比为：高肥力下 N 251.55 kg/hm²、P₂O₅ 105.77 kg/hm²、K₂O 51.94 kg/hm²，氮、磷、钾质量比为 1 : 0.42 : 0.21，产量为 10 083.9 kg/hm²。中肥力下 N 208.38 kg/hm²、P₂O₅ 118.68 kg/hm²、K₂O 49.22 kg/hm²，氮、磷、钾质量比为 1 : 0.57 : 0.24，产量为 7 547.28 kg/hm²。低肥力下 N 182.21 kg/hm²、P₂O₅ 124 kg/hm²、K₂O 53.71 kg/hm²，氮、磷、钾质量比为 1 : 0.68 : 0.29，产量为 5 831.82 kg/hm²。

4 小结

饲粮兼用玉米相对产量与土壤碱解氮、速效磷、速效钾含量存在对数函数关系，且所得对数相关方程达显著水平。增产效果居首位的为氮肥，对产量影响的大小顺序为：N>P>K。以玉米相对产量 50%、50%~70%、70%~90%、90%以上为临界值标准，土壤养分丰缺级别分为极低、低、中、高 4 个级别，建立了该地区土壤丰缺指标体系。

分析得出高台县饲粮兼用玉米高中低肥力 N、P、K 配合施用质量比，高肥力为 1 : 0.42 : 0.21，中肥力为 1 : 0.57 : 0.24，高肥力为 1 : 0.68 : 0.29。

参考文献：

- [1] 张明学, 马志超, 周仓军, 等. 关中玉米氮磷钾养分丰缺指标及最佳施肥量研究[J]. 西北农林科技大学学报, 2015(11): 146-151.
- [2] 赵宗海, 李志明. 定西市安定区测土配方施肥土壤养分丰缺指标及施肥比例研究[J]. 现代农业科技, 2014(18): 154-155.

冬小麦返青期地下害虫危害空间分布型及其抽样技术

李 平

(武威市农业技术推广中心, 甘肃 武威 733000)

摘要: 采用空间分布型检验、聚集强度指标检验和线性回归方法研究了冬小麦返青期枯心苗空间分布规律及其抽样方法。结果表明, 冬小麦返青期枯心苗空间分布(即地下害虫危害空间分布)呈聚集分布, 聚集程度受种植环境影响较大。建立了冬小麦早春枯心苗最适抽样模型及序贯抽样模型。

关键词: 冬小麦; 地下害虫; 空间分布型; 理论抽样模型; 序贯抽样模型

中图分类号: S435.122 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1463(2021)07-0009-05

doi: 10.3969/j.issn.1001-1463.2021.07.003

Spatial Distribution and Sampling Technology of Underground Pest Damages in Winter Wheat During Period of Returning to Green

LI Ping

(Wuwei Agriculture and Technology Extension Center, Wuwei Gansu 733000, China)

Abstract: The spatial distribution and sampling of the withered wheat seedling in the period of returning to green was studied by using the spatial distribution test, the aggregation intensity index test and the linear regression methods. The results showed that the spatial distribution of the dead wheat seedlings (or the underground pest damages) was clustered. The degree of aggregation was greatly affected by the planting environment. The theoretical sampling model of early winter wheat dead seedlings and its sequential sampling model were established.

Key words: Winter wheat; Underground pests; Spatial distribution; Theoretical sampling model; Sequential sampling model

小麦是世界上播种面积最大、分布最广泛的粮食作物, 也是甘肃省第一大粮食作

收稿日期: 2021-03-12

作者简介: 李平(1983—), 男, 陕西西安人, 农艺师, 主要从事植物保护研究和推广工作。联系电话: (0)13884093137。Email: 274620558@qq.com。

[3] 孙建好, 李伟绮, 赵建华. 高台县小麦及玉米施肥现状调查与评价[J]. 甘肃农业科技, 2019(6): 51-56.

[4] 李旭, 杜晓明, 洛俊峰, 等. 基于“3414”试验设计的玉米氮、磷、钾效应研究[J]. 吉林农业, 2019(2): 62-63.

[5] 潘进红, 王艳群, 刘建平. 基于“3414+1”模

型的春玉米产量效应及推荐施肥量研究[J]. 河北北方学院学报, 2015(6): 24-29.

[6] 胡建军, 张月琴, 温学飞, 等. 基于“3414”模型研究宁夏盐池县玉米氮磷钾施肥效应[J]. 水土保持研究, 2011(8): 268-272.

(本文责编: 陈 珩)