

氮磷钾配施对高淀粉玉米产量和品质的影响

刘 铭¹, 刘秀霞², 刘文成^{1*}, 马瑞霞¹, 王景顺¹, 杨金良³

(1. 安阳工学院, 河南 安阳 455000; 2. 安阳市农作物良种试验示范站, 河南 安阳 455000; 3. 安阳县永和镇农业服务中心, 河南 安阳 455112)

摘 要: 发展高淀粉玉米生产可有效提高经济效益, 笔者于2015年至2016年研究了肥料配施对高淀粉玉米产量和品质的影响。结果表明, 不施肥产量最低, 氮磷配施产量高于单施氮肥, 氮磷钾配施产量又高于氮磷配施, 氮磷钾配施施肥量越大, 产量越高, 淀粉产量和籽粒产量基本一致。在灌浆过程中, 单施氮肥较不施肥籽粒淀粉、脂肪和蛋白质含量均提高; 氮磷配施较单施氮肥前期籽粒淀粉含量提高, 后期降低, 脂肪和蛋白质含量降低; 氮磷钾配施较氮磷配施籽粒脂肪含量提高, 淀粉和蛋白质含量降低; 低肥使籽粒淀粉、脂肪和蛋白质含量前期大幅提高; 高肥使籽粒淀粉含量提高, 蛋白质和脂肪含量前期提高, 后期降低。最佳的施肥方案为氮 15 kg/667 m², 五氧化二磷 7.5 kg/667 m²。

关键词: 玉米; 淀粉; 肥料; 产量; 品质

中图分类号: S513

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2022)02-0001-03

Effect of NPK Cooperating Applications on Yield and Quality of High Starch Maize

LIU Ming¹, LIU Xiuxia², LIU Wencheng^{1*}, MA Ruixia¹, WANG Jingshun¹, YANG Jinliang³

(1. Anyang Institute of Technology, Anyang 455000; 2. Anyang Experiment Station of Crop Varieties, Anyang 455000; 3. Agricultural Service Center of Yonghe Town, Anyang 455112, China)

Abstract: The development of high starch maize can effectively improve the economic benefits. Effect of the combined fertilizers application on grain yield and qualities of high starch maize was studied in Anyang, He'nan Province from 2015 to 2016. The results indicated that the yield of the non-fertilizer treatment was the lowest, the yield of maize with the single N fertilizer treatment was higher than that of non-fertilizer treatment, the yield with the N and P fertilizer combined application was higher than that with the single N fertilizer, the yield with the N, P and K fertilizer combined application was higher than that with N and P fertilizer combined application. The bigger the combined application of N, P and K fertilizers was, the higher yield was. In the period of filling-grain, the contents of starch, lipid and protein with the single N fertilizer treatment were increased than that of non-fertilizer treatment, the content of the starch of maize with the N and P fertilizer combined application was increased in the early stage and reducer in the late stage than that with the single N treatment. At the same time, the contents of lipid and starch were reduced. The contents of lipid with the N, P and K fertilizers combined application were higher than that with N and P fertilizers combined application, the contents of starch and protein was reduced. The contents of starch, lipid and protein with the low-fertilizer treatment were high in the early stage. The contents of starch with the high-fertilizer treatment were increased, and the content of protein and lipid were increased in the early stage while was reduced in the late period. The best fertilizer application scheme was N for 15 kg/667 m², P₂O₅ for 7.5 kg/667 m².

Key words: Maize; Starch; Fertilization; Yield; Quality

近年来, 玉米生产发展较快, 成为世界第三大

粮食作物, 我国第一大粮食作物, 随着我国经济发展和人民生活水平的提高, 玉米淀粉的需求量越来越大, 发展高淀粉玉米生产可显著提高农民收入。高淀粉玉米的淀粉含量达74%以上, 而普通玉米只有65%~70%, 玉米淀粉具有纯度高、提取率高、用途广等特点^[1-3]。我国国审玉米品种淀

收稿日期: 2019-12-06

基金项目: 河南省科技攻关计划项目(182102110409)

作者简介: 刘 铭(1990-), 女, 讲师, 硕士, 主要从事农业统计方面的研究。

通讯作者: 刘文成, 男, 硕士, 教授, E-mail: 644235708@qq.com

粉含量逐年提高,但脂肪含量缓慢提高,蛋白质含量逐渐下降,其中,郑单 18 淀粉含量达 75.01%^[4-5]。对郑单 18 的种植密度和播种期进行研究发现,其产量同常规品种相当^[6-8]。用有机肥等氮替代化肥 30%~40%,可显著提高玉米的产量、蛋白质含量和淀粉含量^[9]。生物炭基肥替代化肥可有效改善土壤性质、增加玉米产量^[10]。当氮、磷、钾施肥量分别为 120、60、60 kg/hm²时,玉米产量、蛋白质含量、脂肪含量、淀粉含量均较高^[11]。种植密度增加,籽粒体积缩小,容重提高^[12]。在氮肥施用量较低时,玉米产量及粗蛋白、粗淀粉和粗脂肪等随氮肥用量的增加而提高,当氮肥用量达到一定数量之后,则不再增加^[13]。当施氮量为 112.5 kg/hm²和 225 kg/hm²时,蛋白质含量最高^[14]。也有研究表明施用氮肥可提高淀粉含量,降低蛋白质含量^[15]。适当增加种植密度、减少施氮量能够更好地改善群体结构,提高玉米产量^[16]。去留分蘖不是影响玉米产量的主要因素,氮磷钾肥施用比例是主要因素^[17]。总之,配合施肥对玉米品质主要成分影响的研究较少,结果不一致,尤其对灌浆过程缺少系统研究。为此,笔者研究了配合施肥对高淀粉玉米产量与品质的影响,以确定适宜的施肥量,达到提高产量、改善品质、提高经济效益的目的。

1 材料与方 法

1.1 试验地基本情况

2015 年至 2016 年在安阳市农作物试验示范站进行田间试验,土质为壤土,土壤 0~20 cm 有机质 13.7 g/kg、全氮 0.99 g/kg、碱解氮 79.0 mg/kg、速效磷 25.2 mg/kg、速效钾 126 mg/kg。

1.2 试验材料与方法

试验采用随机区组设计^[18],设 6 个处理,分别为不施肥(处理 1),N 15 kg/667 m²(处理 2),N 15 kg/667 m²、P

7.5 kg/667 m²(处理 3),N 15 kg/667 m²、P 7.5 kg/667 m²、K 7.5 kg/667 m²(处理 4),N 7.5 kg/667 m²、P 3.75 kg/667 m²、K 3.75 kg/667 m²(处理 5)和 N 22.5 kg/667 m²、P 11.25 kg/667 m²、K 11.25 kg/667 m²(处理 6),三次重复。种植密度为 3 500 株/667 m²。小区长 6 m,宽 4 m,6 行/区,宽行 83 cm,窄行 50 cm,株距 0.29 m。郑单 18 玉米种子由河南省农业科学院提供。小麦收获后,整地、作畦,6 月 15 日播种,在拔节期追施 50%氮肥和全部磷钾肥,在大喇叭口期追施 50%氮肥,9 月 28 日收获。

1.3 籽粒品质测定

在各处理的三个小区中,从中部四行取两行选 50 个典型植株套袋,人工授粉,每 5 天取样一次,每次取 3 穗,每穗取中部籽粒 100 粒进行品质分析。

蛋白质(粗蛋白质)含量测定:采用 GB/T 24901-2010,使用意大利 velp UDK149 凯氏定氮仪进行测定。脂肪(粗脂肪)含量测定:采用 GB/T 24902-2010,使用意大利 velp SER148 脂肪测定仪进行测定。淀粉(粗淀粉)含量测定:采用 GB/T 25219-2010,使用丹麦 foos DA1650 近红外分析仪进行测定。

1.4 籽粒产量和淀粉产量测定

对各小区中部四行中未取样的两行收获,测定产量,产量与淀粉含量的乘积为淀粉产量。

2 结果与分析

2.1 肥料配施对籽粒主要成分含量的影响

2.1.1 肥料配施对淀粉含量的影响

表 1 表明,各处理的淀粉含量逐渐提高。处理 2 较处理 1 提高,说明氮可促进淀粉的积累。处理 3 较处理 2 前期提高、后期降低,说明磷有利于淀粉的快速积累。处理 4、5、6 较处理 3 积累比较稳定,说明钾有利于淀粉的平稳积累,其中处理 6 后期最高。

表 1 籽粒在灌浆过程中淀粉含量的变化

%

处理	授粉后的天数(d)						
	20	25	30	35	40	45	50
1	62.94	64.49	67.55	71.92	72.11	72.73	73.32
2	63.47	64.58	67.71	72.90	74.64	74.77	75.85
3	65.40	67.47	69.24	72.89	73.05	73.47	74.75
4	62.56	63.48	65.36	69.53	71.88	72.06	73.01
5	67.04	67.49	68.58	72.29	73.32	73.36	74.08
6	65.36	67.06	68.72	72.12	73.75	74.46	77.20

2.1.2 肥料配施对脂肪含量的影响

表2表明,处理1、2、3、4、6脂肪含量逐渐提高,但处理5后期降低。处理2较处理1提高,说明氮可促进脂肪积累。处理3较处理2降低。处

理4较处理3提高,说明钾可促进脂肪积累。处理5、6较处理4前期提高、后期降低,说明处理4最适宜脂肪积累。

表2 籽粒在灌浆过程中脂肪含量的变化

%

处理	授粉后的天数(d)							
	15	20	25	30	35	40	45	50
1	3.55	3.86	4.03	4.08	4.28	4.34	4.50	4.68
2	3.72	4.18	4.21	4.28	4.31	4.44	4.75	5.05
3	3.58	3.78	3.95	4.05	4.21	4.28	4.41	4.51
4	3.58	3.95	4.10	4.34	4.38	4.48	4.79	5.18
5	3.88	4.21	4.54	4.57	4.58	4.83	4.61	4.53
6	3.78	4.08	4.11	4.20	4.28	4.40	4.53	4.58

2.1.3 肥料配施对蛋白质含量的影响

表3表明,各处理蛋白质含量逐渐降低,在授粉后40 d最低,以后又升高。处理2较处理1提

高,说明氮可促进蛋白质的积累。处理3较处理2降低,处理4较处理3降低。处理5、6较处理4前期提高、后期降低,说明处理4最适宜蛋白质的积累。

表3 籽粒在灌浆过程中蛋白质含量的变化

%

处理	授粉后的天数(d)									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
1	16.53	16.40	12.96	10.00	9.64	8.64	8.49	8.32	8.74	8.31
2	18.48	17.94	13.24	11.63	10.77	9.95	9.32	8.62	8.98	9.37
3	16.31	15.70	12.93	11.27	9.60	9.47	9.30	7.51	8.57	9.12
4	15.27	14.90	12.16	9.62	9.53	9.43	9.13	7.29	8.84	8.56
5	17.08	16.43	13.88	10.93	10.41	9.61	9.14	7.98	8.69	8.42
6	17.94	17.14	12.97	9.75	9.04	8.51	8.37	7.64	8.37	8.22

2.2 肥料配施对籽粒产量和淀粉产量的影响

由表4可知,产量总体差异达极显著水平($F=54.66$, $F_{0.01}=5.64$),进一步做新复极差测验,处理2极显著高于处理1,说明氮可大幅提高产量。处理3极显著高于处理2,说明磷也可大幅提高产量。处理4显著高于处理3,说明钾提高产量

的幅度不大。处理5极显著低于处理4,说明低肥大幅降低产量。处理6与处理4产量未达显著水平,说明高肥并不能提高产量。淀粉产量总体差异达极显著水平($F=65.10$, $F_{0.01}=5.64$),进一步做新复极差测验,其结果同籽粒产量结果基本一致。

表4 肥料配施对籽粒产量和淀粉产量的影响

处理	重复 I(g/小区)	重复 II(g/小区)	重复 III(g/小区)	平均(g/小区)	籽粒产量(kg/hm ²)	淀粉产量(kg/hm ²)
1	13 731	13 287	11 937	12 984	5 410Cd	4 087Dd
2	15 057	14 178	13 839	14 358	5 982Bc	4 529Cc
3	16 749	16 566	16 737	16 683	6 951Ab	5 273Bb
4	16 827	17 103	16 992	16 974	7 072Aa	5 375Bb
5	14 550	14 643	13 998	14 397	5 998Bc	4 568Cc
6	17 421	17 679	17 289	17 463	7 276Aa	5 553Aa

2.3 最佳施肥方案的确定

2015年玉米的价格为1.8元/kg,氮为3.2元/kg,五氧化二磷为3.4元/kg,氧化钾为2.8元/kg,处理2、3、4、5、6分别较处理1增收20.64元/667 m²、

90.78元/667 m²、-6.48元/667 m²、-81.63元/667 m²、58.86元/667 m²。说明氮磷配施增收效果最好,单施氮肥次之,而增施钾肥不增收。生产上施肥量以氮磷配施处理为最佳。(下转第15页)

- [19] 李阳,姚潜,任丽,等.花生新品种开农1715选育及丰产性稳产性分析[J].农业科技通讯,2017(6):280-281.
- [20] 李阳,邓丽,任丽,等.花生新品种开农1715的特征特性及栽培技术要点[J].中国种业,2016(11):75-76.
- [21] 王培云.高油酸高脂肪花生新品种开农61的选育及高产稳产性分析[J].农业科技通讯,2014(9):229.
- [22] 陈志德,俞春涛,谢吉先,等.江苏省花生生产的特点和发展对策[J].江苏农业科学,2010(5):30-31.
- [23] 李贵全,李慧峰,张海燕,等.大豆花荚期抗旱性的鉴定与综合评价[J].中国生态农业学报,2007,15(6):96-100.
- [24] 姚君平,罗瑶年,杨新道,等.早、中熟花生不同生育阶段土壤水分亏缺对植株生育和产量的影响[J].花生科技,1985(2):1-8.
- [25] 苗锦山,王铭伦.水分胁迫对花生生长发育影响的研究进展[J].花生学报,2003,32(S1):368-371.
- [26] 金不换,陈雅君,吴艳华,等.早熟禾不同品种根系分布及生物量分配对干旱胁迫的响应[J].草地学报,2009,17(6):813-816.
- [27] Smucker A, Aiken R M. Dynamic root responses to water deficits[J]. Soil Science, 1992, 154(4): 281-289.
- [28] 张大勇,姜新华,赵松岭,等.半干旱区作物根系生长冗余的生态学分析[J].西北植物学报,1995,15(5):110-114.
- [29] 尤淑丽,崔雪艳,于国庆,等.花生种质抗旱性鉴定技术初步研究[J].东北农业科学,2016,41(4):14-17.
- [30] 张智猛,戴良香,宋文武,等.不同花生基因型对干旱胁迫的适应性[J].中国油料作物学报,2012,34(4):377-383.

(责任编辑:王昱)

(上接第3页)

3 结论与讨论

不施肥产量最低,单施氮肥增产效果显著,氮磷配施增产效果最好,氮磷钾配施产量略高于氮磷配施,氮磷钾配施施肥量越大,产量越高。不同处理的淀粉产量结果和籽粒产量结果基本一致。

玉米在灌浆过程中,单施氮肥较不施肥的籽粒淀粉含量和蛋白质含量均提高,说明施用氮肥可有效提高产量和品质;氮磷配施较单施氮肥前期淀粉含量提高、后期降低,说明磷肥可加快淀粉的积累速度;氮磷钾配施较氮磷配施脂肪含量提高,淀粉含量和蛋白质含量降低,说明钾肥对脂肪的积累有促进作用;低肥使淀粉、脂肪和蛋白质含量在灌浆前期大幅提高,说明低肥可加快灌浆速度;高肥使淀粉含量提高,但蛋白质含量和脂肪含量前期提高、后期降低,说明高肥可促进淀粉的积累,且前期促进蛋白质和脂肪的积累。

从经济效益考虑,目前最佳的施肥方案为氮15 kg/667 m²,五氧化二磷7.5 kg/667 m²,同时还要注意土壤中速效钾的含量变化,如果降低,要注意配施钾肥。

参考文献:

- [1] 王振华,亢伟民,张新.高淀粉玉米及其开发利用[J].玉米科学,2002,10(3):90-92.
- [2] 王建国.“三高”玉米的研究开发概况[J].辽宁农业科学,2001(5):35-38.
- [3] 李新华,李泉木.我国玉米深加工产业的现状、存在问题及其解决对策[J].沈阳农业大学学报,1999(2):137-139.
- [4] 李彩凤.增铵营养对玉米品质影响初探[J].玉米科学,2003,11(3):82-84.
- [5] 谷明光,黄克虎.重视工业专用型高淀粉玉米品种的选育[J].玉米科学,2002,10(1):24-25.
- [6] 刘文成,王景顺,马瑞霞.不同播期对郑单18玉米产量的影响[J].河南农业科学,2003(6):8-10.
- [7] 张新,王振华,宋中立,等.不同产量水平下郑单18号不同种植密度与产量及其构成因素关系的研究[J].中国农学通报,2004(2):86-87.
- [8] 王振华,张新,刘文成,等.高产高淀粉玉米新品种郑单18生态适应性研究[J].种子,2003(5):4-5.
- [9] 周芸,李永梅,范茂攀,等.有机肥等氮替代化肥对红壤团聚体及玉米产量和品质的影响[J].作物杂志,2019(4):125-132.
- [10] 殷大伟,金梁,郭晓红,等.生物炭基肥替代化肥对砂壤土养分含量及青贮玉米产量的影响[J].东北农业科学,2019,44(4):19-24.
- [11] 李波,史文璐.氮磷钾配比对玉米干物质积累、产量、品质的影响[J].江苏农业科学,2016,44(2):85-89.
- [12] 徐艳荣,孙发明,仲义,等.种植密度对玉米商品品质的影响[J].吉林农业科学,2013,38(2):1-3.
- [13] 姜涛.氮肥运筹对夏玉米产量、品质及植株养分含量的影响[J].植物营养与肥料学报,2013,19(3):559-565.
- [14] 王春虎,陈士林,董娜,等.华北平原不同施氮量对玉米产量和品质的影响研究[J].玉米科学,2009,17(1):128-131.
- [15] 李建奇.氮、磷营养对黄土高原旱地玉米产量、品质的影响机理研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(6):1042-1047.
- [16] 周超,马宝新,刘海燕,等.增密减氮对嫩单18产量和氮素利用率的影响[J].东北农业科学,2019,44(2):7-12.
- [17] 方向前,闫伟平,付稀厚,等.不同施肥量下玉米去留分蘖对产量及构成因素的影响[J].东北农业科学,2016,41(2):9-12.
- [18] 南京农学院.田间试验与统计方法[M].北京:农业出版社,1978:175-181.

(责任编辑:刘洪霞)