

## 施肥方式对夏玉米农艺性状及产量的影响

高建胜, 董国豪, 郭良海, 崔慧妮, 李拥军, 张占宇, 郭建军\*, 郭智慧\* (德州市农业科学研究院, 山东德州 253015)

**摘要** [目的]研究不同施肥方式对夏玉米农艺性状及产量的影响,以期为进一步提高玉米产量和肥料利用效率提供技术支持。[方法]于山东省德州市黄河涯村设置肥料施于地表(TT)、单侧单层施肥深度10 cm(UST10)、单侧单层施肥深度18 cm(UST18)、单侧2层施肥深度10 cm+18 cm(UTT10/18)、单侧3层施肥深度10 cm+18 cm+25 cm(UTT10/18/25)、农民常规种植(CK)6个施肥处理,研究大田条件下不同施肥方式对夏玉米农艺性状及产量的影响。[结果]在各施肥处理中,UTT10/18施肥处理的株高、叶面积、干物质重等指标在玉米生长发育的前期与其他处理之间无显著差异,但在玉米生长发育后期UTT10/18施肥处理长势旺,株高、叶面积、干物质重等指标显著优于其他处理;UTT10/18施肥处理的产量分别较TT、UST10、UST18、UTT10/18/25、CK施肥处理提高18.6%、10.2%、6.5%、13.6%、9.6%。[结论]UTT10/18(单侧2层施肥深度10 cm+18 cm)施肥处理,能够显著促进玉米植株后期生长发育,进而提高玉米产量。UTT10/18施肥方式对于提高玉米产量、保证粮食安全具有重要意义。

**关键词** 夏玉米;施肥方式;农艺性状;产量

**中图分类号** S513 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2019)01-0151-03

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2019.01.046



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Effects of Fertilization Methods on Agronomic Traits and Yield of Summer Maize

GAO Jian-sheng, DONG Guo-hao, GUO Liang-hai et al (Dezhou Academy of Agricultural Sciences, Dezhou, Shandong 253015)

**Abstract** [Objective] To study the effects of different fertilization methods on agronomic characters and yield of summer maize, in order to provide technical support for high yield of summer maize. [Method] Field experiments were conducted in Dezhou City of Shandong Province during 2017. Six treatments were conducted including topdressing (TD), unilateral single-tier 10 cm (UST10), unilateral single-tier 18 cm (UST18), unilateral two-tier 10 cm+18 cm (UTT10/18), unilateral three-tier 10 cm+18 cm+25 cm (UTT10/18/25), conventional farming method (CK). [Result] UTT10/18 treatment significantly increased plant height, leaf area, dry matter weight of summer maize. And the yield also showed that the yield of UTT10/18 treatment increased by 18.6%, 10.2%, 6.5%, 13.6%, 9.6% respectively compared with TT, UST10, UST18, UTT10/18/25, CK treatment. [Conclusion] UTT10/18 treatment could significantly increase the yield of summer maize, and this method is significant to ensure food security.

**Key words** Summer maize; Fertilization methods; Agronomic trait; Yield

黄淮海平原种植制度以小麦、玉米一年两熟为主,是国家重要的粮食主产区,对保障国家粮食安全具有举足轻重的作用<sup>[1-2]</sup>。随着优良玉米品种的选育与推广、高产栽培技术的应用与完善,玉米单产水平大幅提高<sup>[3-4]</sup>,其中化肥投入为玉米增产做出了重要贡献<sup>[5]</sup>。黄淮海平原夏玉米生长季高温多雨,农民习惯采用传统施肥方式将肥料在玉米播种前一次性施入,不合理的施肥方式使得化肥经淋失、挥发等途径损失,不仅造成资源浪费和环境污染<sup>[6]</sup>,也使玉米生长发育后期发生脱肥早衰,造成不同程度的减产<sup>[7]</sup>。因此,改进肥料施用方式,提高肥料利用效率,保证粮食高产稳产势在必行。为此,笔者通过设置不同施肥处理,研究不同施肥方式对夏玉米农艺性状及产量的影响,以期为该地区实现粮食高

产、稳产提供理论依据。

## 1 材料与方法

**1.1 试验地概况** 试验设在山东省德州市黄河涯村(116°19'46.33"E, 37°20'44.53"N)。该地为黄淮海平原,属暖温带大陆性季风气候,多年平均气温14.9℃,年降雨量504.9 mm,降水主要分布在6—8月。水源充沛,以黄河水灌溉为主。耕作制度为一年两熟,冬小麦—夏玉米轮作。试验点以壤质潮土为主。

在试验地块选取5个样点,采集0~20 cm土层基础土样混合后风干、磨碎过筛,按照常规方法测定pH、有机质、全氮、全磷、全钾、速效磷、速效钾等指标。试验点土壤基本理化性状见表1。

表1 试验地土壤基本理化性状

Table 1 The soil chemical properties in the 0-20 cm soil layers

土层深度 Soil layers cm	pH	有机质 Organic matter g/kg	全氮 Total nitrogen g/kg	全磷 Total phosphorus g/kg	全钾 Total potassium g/kg	速效磷 Available phosphorus mg/kg	速效钾 Available potassium mg/kg
0~10	8.1	19.5	1.18	1.13	18.7	25.9	181.1
10~20	8.3	16.6	1.07	0.92	18.9	22.3	138.9

**基金项目** 山东省现代农业产业技术体系玉米创新团队项目(SDAIT-02-19);国家玉米产业技术体系项目(CARS-02-56)。

**作者简介** 高建胜(1990—),男,山东安丘人,助理农艺师,硕士,从事盐碱土壤改良、合理耕层构建及作物栽培研究。\*通信作者:郭建军,高级农艺师,从事作物栽培及病虫害综合防控技术研究;郭智慧,高级农艺师,从事玉米育种与栽培研究。

**收稿日期** 2018-05-30

**1.2 试验设计** 试验设6个处理,即肥料施于地表(TT)、单侧单层施肥深度10 cm(UST10)、单侧单层施肥深度18 cm(UST18)、单侧2层施肥深度10 cm+18 cm(UTT10/18)、单侧3层施肥深度10 cm+18 cm+25 cm(UTT10/18/25)、农民常规种植(CK)。

供试品种为郑单 958, 种植密度 75 000 株/hm<sup>2</sup>, 大区种植不设重复, 每处理面积为 96 m<sup>2</sup>, 施复合肥(N-P-K:28-6-10)600 kg/hm<sup>2</sup>, 各处理施肥量相同, 于播种时一次性施入, 管理方式为当地常规管理。

### 1.3 测定指标与方法

**1.3.1 玉米株高、叶面积。**采用定株观测法测量叶面积, 即在拔节期、大喇叭口期、抽雄开花期每小区选代表性植株挂牌标记测量叶面积; 在抽雄开花期每小区选取代表性植株测量株高。

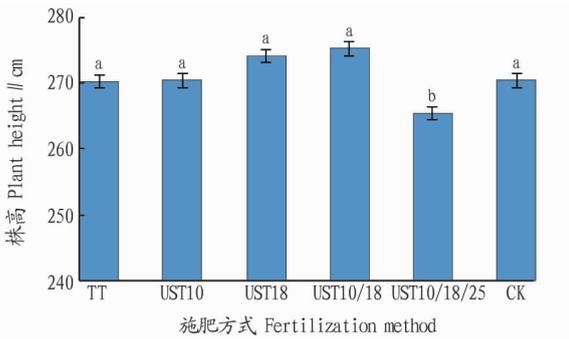
**1.3.2 干物质。**于大喇叭口期、抽雄开花期、乳熟期、完熟期每小区选取代表性植株, 105 °C 杀青 30 min, 然后 80 °C 下烘干至恒重称重。

**1.3.3 测产及考种。**每小区取 6.67 m<sup>2</sup> 测产, 同时选取 10 个代表性样穗风干考种, 记录穗粗、穗长、秃顶长、穗行数、行粒数、百粒重, 计算水分含量。

**1.4 数据分析** 采用 Microsoft Excel 2007 进行数据处理, 采用 SPSS 20.0 数据处理软件进行方差分析。

## 2 结果与分析

**2.1 不同施肥方式对夏玉米农艺性状的影响** 不同施肥方式对玉米抽雄开花期株高的影响见图 1。由图 1 可知, 施肥方式 TT、UST10、UST18、UTT10/18 与常规施肥方式(CK)相比差异不显著, UTT10/18 施肥处理株高相对较高; 但 UTT10/18/25 施肥方式株高较其他施肥方式显著降低。



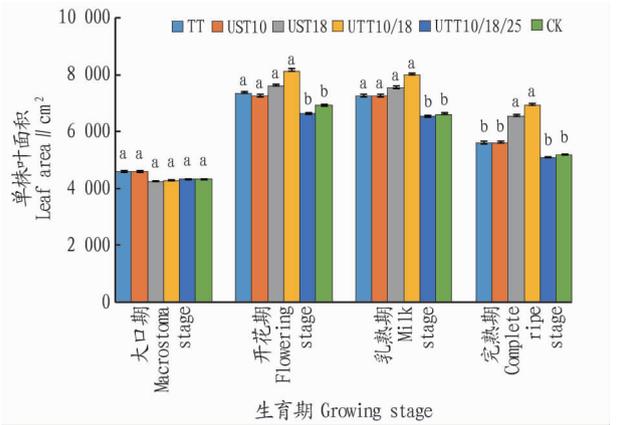
注: 不同小写字母表示不同施肥方式间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level

图 1 施肥方式对夏玉米株高的影响

Fig.1 Effects of different fertilization methods on plant height of summer maize

不同施肥方式对夏玉米主要生育期叶面积的影响见图 2。由图 2 可知, 大口期各施肥方式之间无显著差异, TT、UST10 处理的单株叶面积相对其他处理较高。随着植株的发育, 在开花期、乳熟期时, UTT10/18/25 与 CK 的叶面积显著低于其他施肥处理, 且 UTT10/18 处理表现最优。到完熟期时, UTT18、UTT10/18 施肥处理显著高于其他处理。从整个生育期叶面积变化可以看出, TT、UST10 施肥处理有利于早期玉米苗的营养生长, 但随着生育期的推进, UTT18、UTT10/18 处理生长势更强, 逐渐超越其他施肥处理, 因此从叶面积角度分析, UTT18、UTT10/18 是较优施肥方式。



注: 不同小写字母表示不同施肥方式间差异显著 ( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters indicated significant differences at 0.05 level

图 2 施肥方式对夏玉米叶面积的影响

Fig.2 Effects of different fertilization methods on leaf area of summer maize

**2.2 不同施肥方式对夏玉米干物质重的影响** 不同施肥方式对夏玉米主要生育期干物质的影响见图 3。由图 3 可知, 在开花期前, 各施肥处理单株干物质重之间无显著差异, 开花期后, UTT10/18、UTT18、CK 施肥处理单株干物质增长迅速, UTT10/18/25 与 TT 施肥处理单株干物质增长缓慢, 其中 UTT10/18 施肥处理的单株干物质最重, TT 施肥处理的单株干物质最轻。

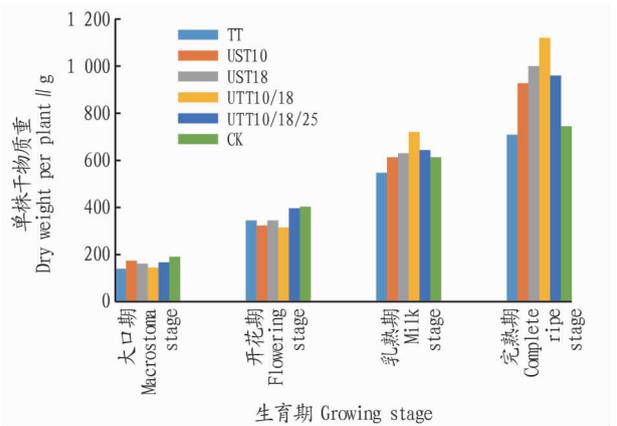


图 3 施肥方式对夏玉米干物质重的影响

Fig.3 Effects of different fertilization methods on dry matter weight of summer maize

**2.3 不同施肥方式对夏玉米产量及穗部性状的影响** 不同施肥方式对夏玉米穗部性状及产量的影响见表 2。由表 2 可知, 各施肥处理的穗粗、穗行数无显著差异; TT、UTT10/18/25 施肥处理行粒数显著少于其他处理; UTT10/18 施肥处理穗长、秃尖长显著优于其他处理; UTT10/18、UST18、CK 施肥处理显著优于其他施肥处理; UTT10/18 处理产量最高, 显著优于其他处理, 分别较 TT、UST10、UST18、UTT10/18/25、CK 施肥处理提高 18.6%、10.2%、6.5%、13.6%、9.6%; 但 UST10、UST18、UTT10/18/25、CK 施肥处理产量无显著差异, 而 TT 施肥处理产量最低, 显著低于其他处理。

表 2 施肥方式对夏玉米穗部性状及产量的影响

Table 2 Effects of different fertilization methods on ear condition and yield of summer maize

施肥方式 Fertilization method	穗粗 Ear width cm	穗长 Ear length cm	秃尖长 Barren tip length cm	穗行数 Row number per ear	行粒数 Grain number per row	百粒重 100-grain weight/g	产量 Yield kg/hm <sup>2</sup>
TT	5.0 a	17.9 b	0.40 b	15.0 a	36.9 b	30.92 b	10 610.25 c
UST10	5.1 a	18.5 b	0.20 c	14.6 a	38.5 a	32.28 b	11 417.10 b
UST18	5.1 a	18.2 b	0.30 c	14.8 a	37.9 a	33.16 a	11 812.50 b
UTT10/18	5.0 a	19.0 a	0.60 a	15.4 a	37.1 a	34.32 a	12 582.90 a
UTT10/18/25	5.1 a	18.7 b	0.25 c	15.2 a	36.3 b	31.52 b	11 072.10 b
CK	5.1 a	17.8 b	0.20 c	14.8 a	37.1 a	33.32 a	11 483.25 b

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著( $P < 0.05$ )

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant differences between different treatments at 0.05 level

### 3 结论与讨论

研究表明,适宜的肥料施用方法可提高土壤肥力<sup>[8]</sup>,促进植株对养分的吸收与利用<sup>[9]</sup>,增加玉米干物质积累量<sup>[10-11]</sup>,提高玉米产量<sup>[12-13]</sup>,同时又能减少氮因淋洗、氨挥发、反硝化形式损失及土壤磷富集等一系列问题<sup>[14-16]</sup>。作物养分积累是生物量积累的基础,对产量形成影响显著,由于农民不合理的施肥方式,使玉米生长后期因脱肥而导致穗粒数和千粒重下降。玉米地上部氮、磷、钾养分积累与玉米产量均存在显著或极显著正相关,而玉米花后氮、磷、钾积累量与产量的相关系数均高于玉米花前氮、磷、钾积累量,可见提高玉米生育中后期氮、磷、钾积累更有利于玉米产量形成<sup>[4]</sup>。该研究结果显示,在各施肥处理中,UTT10/18 施肥处理的株高、单株叶面积、单株干物质重等指标在玉米生长发育的前期虽较其他处理无显著优势,但在玉米生长发育的后期,UTT10/18 施肥处理长势旺,株高、叶面积、单株干物质重等指标达最优。主要因为玉米生长发育前期玉米植株根系较浅,TT、UST10 施肥处理方式能够为前期玉米生长发育提供足够的养分,但表施及施肥较浅的方式由于养分流失、挥发,使得玉米生长发育后期养分供应不足,造成脱肥,最终影响玉米产量。赵营等<sup>[17]</sup>研究表明,氮、磷、钾养分在拔节期至大喇叭口期和抽雄期至灌浆期占总积累量的 60%~90%,这 2 个阶段养分积累量对产量影响至关重要,姜涛<sup>[18]</sup>也证实了玉米大喇叭口期至子粒建成期的养分吸收是决定玉米产量的关键时期。但由于 UTT10/18/25 施肥处理深度较深,肥料随灌溉和雨水下渗流失严重,造成玉米生长发育后期脱肥严重,造成养分供应不足,进而影响玉米产量。单侧 2 层施肥深度 10 cm+18 cm(UTT10/18)施肥处理表现最佳,由于 2 层施肥既能为玉米早期的生长发育提高必要的养分,又为后期籽粒建成的关键时期提供充足的养分,从而增加植株光合速率和根系活力,进而提高玉米产量。UTT10/18 施肥处理的产量分别较 TT、UST10、UST18、UTT10/18/25、CK 施肥处理提

高 18.6%、10.2%、6.5%、13.6%、9.6%。因此,UTT10/18 施肥处理对于提高玉米产量、保证粮食安全具有重要意义,适宜在该地区推广。

### 参考文献

- [1] 山仑,吴普特,康绍忠,等.黄淮海地区农业节水对策及实施半旱地农业可行性研究[J].中国工程科学,2011,13(4):37-42.
- [2] 侯满平,郝晋珉.黄淮海平原农业战略区划与布局研究[J].中国生态农业学报,2010,18(3):595-599.
- [3] 中华人民共和国农业部.中国农业年鉴[M].北京:中国农业出版社,2015.
- [4] 侯云鹏,杨晓丹,杨建,等.不同施肥模式下玉米氮、磷、钾吸收利用特性研究[J].玉米科学,2017,25(5):128-135.
- [5] 张福锁,王激清,张卫峰,等.中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J].土壤学报,2008,45(5):915-924.
- [6] JU X T, KOU C L, ZHANG F S, et al. Nitrogen balance and groundwater nitrate contamination: Comparison among three intensive cropping systems on the North China Plain[J]. Environmental pollution, 2006, 143(1): 117-125.
- [7] MENG Q F, CHEN X P, ZHANG F S, et al. In-season root-zone nitrogen management strategies for improving nitrogen use efficiency in high-yielding maize production in China[J]. Pedosphere, 2012, 22(3): 294-303.
- [8] 高洪军,彭畅,张秀芝,等.长期施肥对黑土活性有机质、pH 值和玉米产量的影响[J].玉米科学,2014,22(3):126-131.
- [9] 侯云鹏,陆晓平,赵世英,等.平衡施肥对春玉米产量及养分吸收的影响[J].玉米科学,2014,22(4):126-131.
- [10] 战秀梅,韩晓日,杨劲峰,等.不同氮、磷、钾肥用量对玉米源、库干物质积累动态变化的影响[J].土壤通报,2007,38(3):495-499.
- [11] 王树林,祁虹,王燕,等.氮磷钾肥量对玉米产量及养分吸收、利用效率的影响[J].山西农业大学学报(自然科学版),2016,36(11):768-773.
- [12] 黄涛,荣相民,刘强,等.不同施肥模式对春玉米产量、品质与氮肥利用及玉米地氮流失的影响[J].土壤,2010,42(6):915-919.
- [13] 赖丽芳,吕军峰,郭天文,等.平衡施肥对春玉米产量和养分利用率的影响[J].玉米科学,2009,17(2):130-132.
- [14] 苗建国,金继运,仇少君,等.生态集约化养分管理对春玉米产量和氮素利用率的影响[J].植物营养与肥料学报,2012,18(3):571-578.
- [15] 张立花,张辉,黄玉芳,等.施磷对玉米吸磷量、产量和土壤磷含量的影响及其相关性[J].中国生态农业学报,2013,21(7):801-809.
- [16] 蔺莉,王寅,冯国忠,等.不同施肥管理对东北黑土区氮损失的影响[J].农业环境科学学报,2016,35(9):1816-1823.
- [17] 赵营,同延安,赵护兵.不同供氮水平对夏玉米养分累积、转运及产量的影响[J].植物营养与肥料学报,2006,12(5):622-627.
- [18] 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.