

覆膜滴灌施肥条件下钾肥运筹对玉米产量及钾素吸收利用的影响

尹彩侠, 李 前, 孔丽丽, 秦裕波, 王 蒙, 侯云鹏*, 刘志全*

(吉林省农业科学院农业资源与环境研究所/农业农村部东北植物营养与农业环境重点实验室, 长春 130033)

摘 要:通过两年的田间试验,系统地分析了覆膜滴灌条件下,钾肥不同运筹模式(不施钾肥(K0),基肥=100%(K1),基肥:拔节期=50%:50%(K2),基肥:拔节期:大口期=50%:30%:20%(K3),基肥:拔节期:大口期:开花期=50%:20%:5%:5%(K4)下玉米不同生育时期植株生物量和氮素累积以及成熟期的分配特征,并研究了不同钾肥运筹模式对玉米产量、钾素利用效率及钾素转运效率的影响。结果表明,在不同钾肥运筹方式中,K2、K3和K4处理玉米产量均高于钾肥一次性基施(K1)处理,其中K3处理的玉米产量最高,较K1处理2015~2016年分别增产7.6%和9.1%。K2、K3和K4处理钾素吸收利用率、农学利用率和偏生产力均高于K1处理,其中以K3处理最高,较K1处理两年钾素吸收利用率分别提高41.0%和7.0%,农学利用率提高幅度分别为49.5%和68.5%,偏生产力提高幅度分别为7.6%和9.1%。合理的钾肥运筹模式提高了玉米干物质积累和钾素累积量,提升了植株钾素的吸收利用能力,促进了花后植株养分的转运效率,K3处理的转运效率最高,较K1处理分别提高20.1%(2015年)和17.7%(2016年)。可见,在覆膜滴灌、施钾量为90 kg/hm²条件下,该地区最佳钾肥运筹模式为基肥:拔节期:大口期=50%:30%:20%。

关键词:覆膜滴灌;玉米;钾肥运筹;产量;钾素利用效率

中图分类号:S513

文献标识码:A

文章编号:2096-5877(2020)03-0035-05

The Effects of Potassium Management on Maize Yield, Potassium Absorption and Utilization under Mulched Drip Irrigation

YIN Caixia, LI Qian, KONG Lili, QIN Yubo, WANG Meng, HOU Yunpeng*, LIU Zhiquan*

(*Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences / Key Laboratory of Plant Nutrition and Agro-Environment in Northeast Region, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P.R. China, Changchun 130033, China*)

Abstract: A two-year field experiment was conducted to investigate the plant biomass at different growth periods, nitrogen accumulation and the distribution characteristics at maturing stage, and the effects of different potassium fertilizer management modes on maize yield, potassium utilization efficiency and translocation efficiency under mulched drip irrigation. Five fertilizer combinations were evaluated, including K0 (no potassium fertilizer), K1 (100% basal fertilizer), K2 (basal fertilizer: jointing fertilizer = 50%:50%), K3 (basal fertilizer: jointing fertilizer: belling fertilizer = 50%:30%:20%) and K4 (basal fertilizer: jointing fertilizer: belling fertilizer: flowering fertilizer = 50%:20%:15%:15%). The results revealed that maize yield of K2, K3 and K4 treatments were higher than that of K1 treatment under different potassium management modes. The yield of K3 treatment was the highest than that of K1 treatment, with the increment of 7.6% (2015) and 9.1% (2016). The potassium recovery efficiency (REK), agronomic efficiency (AEK) and partial factor productivity (PFPK) of K2, K3 and K4 treatments were higher than them of K1 treatment, respectively. And REK, AEK and PFPK of K3 treatment were the highest than

收稿日期:2019-04-22

基金项目:吉林省农业科技创新工程自由创新项目(CXGC2018ZY013);国家重点研发计划(2017YFD0300604);农业部植物营养与肥料学科群开放基金项目(KLPNF-2018-1);国际植物营养研究所(IPNI)项目(NMBF-Jilin-2019);吉林省科技基础条件与平台建设计划(20160623030TC)

作者简介:尹彩侠(1978-),女,副研究员,硕士,从事农业资源高效利用研究。

通讯作者:侯云鹏,男,副研究员, E-mail: exceedfhvfa@163.com

刘志全,男,硕士,研究员, E-mail: 265714927@qq.com

them of K1 treatment, with the increment of 41.7%, 49.5%, 7.6% (2015) and 7.0%, 68.5%, 9.1% (2016), respectively. The rational potassium management modes improved the accumulation of dry matter and potassium of maize, enhanced the capacity of potassium absorption and utilization, and promoted the translocation efficiency of plant nutrients after flowering stage. And the translocation efficiency of K3 treatment achieved the highest than that of K1 treatment, with the increment of 20.1% (2015) and 17.7% (2016). Therefore, the rational potassium management mode was taken 50% as basal fertilizer, 30% at jointing stage and 20% at belling stage with 90 kg/ha of potassium fertilizer under mulched drip irrigation.

Key words: Mulched drip irrigation; Maize; Potassium management; Yield; Potassium utilization efficiency

玉米是我国主要粮食作物,在粮食安全中占有重要地位,钾素是玉米生长最重要的营养元素之一,有重要的营养和生理作用,钾可以活化植物体内的酶,对蛋白质合成具有重要影响,钾还可以促进作物对氮、磷等养分的吸收与利用,施用钾肥对玉米有明显的增产效果^[1-2]。如何施用钾肥才能获得更高的产量也是研究的热点,传统的玉米施钾方式为一次性底施已经不能满足玉米对钾素的需求,不当的施肥方式限制了玉米产量和钾素利用效率的进一步提高^[3-4]。有研究表明^[5],玉米预获得更高的产量,不但需要充足的钾,而且需要对钾肥施用方式进行运筹。覆膜滴灌施肥是一项同步控制植物水分供给和肥料施用的技术,目前,覆膜滴灌施肥技术已被广泛应用在玉米、小麦、棉花、蔬菜等作物上,并且相关研

究逐步深入^[6-8]。本研究针对覆膜滴灌条件下,钾肥运筹技术及吸钾效应等方面的问题,通过连续两年的田间试验,明确了钾肥不同运筹模式对玉米产量、钾素积累特征、钾素利用效率及转运效率的影响,为半干旱区在玉米合理施用钾肥提供理论依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2015~2016年在吉林省乾安县父字村进行,该地区位于吉林省西部,中温带半干旱气候,干旱多风,有效降水量不足400 mm,试验田为玉米连作区,供试土壤类型为淡黑钙土,质地为沙壤,播前0~20 cm耕层土壤基本养分状况见表1。

表1 供试土壤基本养分状况

年份	全氮(g/kg)	全磷(g/kg)	全钾(g/kg)	水解氮(mg/kg)	有效磷(mg/kg)	速效钾(mg/kg)	有机质(g/kg)	pH
2015	1.23	0.45	18.31	102.33	13.66	107.61	17.01	7.92
2016	1.26	0.49	18.92	104.17	14.78	109.34	17.89	7.83

1.2 试验设计

试验共设5个钾肥处理:不施钾肥(K0),基肥=100%(K1),基肥:拔节期=50%:50%(K2),基肥:拔节期:大口期=50%:30%:20%(K3),基肥:拔节期:大口期:开花期=50%:20%:15%:15%(K4),施钾各处理的K₂O用量均为90 kg/hm²,试验各处理N、P₂O₅用量相同,分别为200 kg/hm²和100 kg/hm²,其中氮肥施用方法为基肥:拔节期:大口期:开花期:灌浆期=30%:30%:20%:10%:10%,磷肥施用方法为基肥:拔节期:大口期:开花期=40%:20%:20%:20%,试验用氮肥为尿素(N 46%),磷肥为磷酸一铵(N12%、P₂O₅ 61%),钾肥为氯化钾(K₂O 60%)。供试玉米品种为翔玉998,种植密度为75 000株/hm²,采用大垄双行覆膜栽培模式,小区面积60 m²,3次重复。播种后进行覆膜与铺设滴灌带,不同施钾处理两年玉米生育期灌水总量相同,各处理在

同一时间灌溉,通过水表控制同等灌水量。各小区单独配18 L压差式施肥罐,施肥开始前按各处理所需将钾肥加入施肥罐,加满水后充分搅拌,使其完全溶解,先滴清水30 min,然后打开施肥阀进行施肥,时间为120 min,施肥完毕后继续滴清水30 min。

1.3 样品采集与测定

分别于玉米苗期、拔节期、大口期、开花期、灌浆期和成熟期采取植株样品,每小区选取具有代表性玉米植株3株(苗期取30株),于105℃杀青30 min后,80℃烘干至恒重,样品粉碎后,测定植株全钾含量。成熟期收获小区中间2行玉米进行考种测产,按14%水分折量。

1.4 数据分析与计算方法

钾素吸收利用率(%)=(施钾区作物总吸钾量-不施钾区作物总吸钾量)/施钾量×100;钾素农

学利用率(kg/kg)=(施钾区作物产量-不施钾区玉米产量)/施钾量;钾素偏生产力(kg/kg)=施钾区作物产量/施钾量;钾素转运量(kg/hm²)=开花期钾素累积量-成熟期营养体钾素累积量;钾素转运率(%)=钾素转运量/开花期营养体钾素累积量×100;钾素转运对籽粒的贡献率(%)=钾素转运量/成熟期籽粒钾素累积量×100。

采用Microsoft Excel 2010软件对数据进行处理和作图,采用SAS9.0软件进行方差分析和多重比较。

2 结果与分析

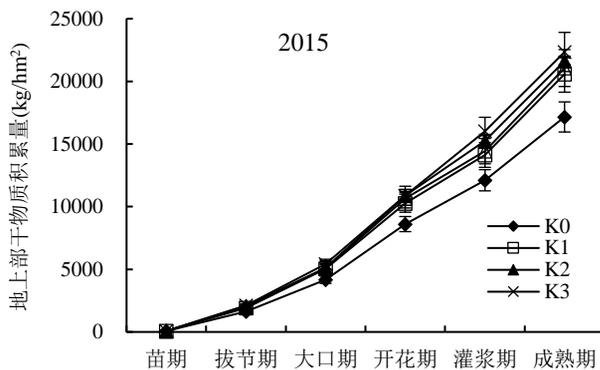
表2 不同施钾处理对玉米产量及钾肥效率的影响

年份	处理	产量(kg/hm ²)	钾肥农学利用率(kg/kg)	钾肥偏生产力(kg/kg)	钾素吸收利用率(%)
2015	K0	10 188d	—	—	—
	K1	12 039c	20.6c	133.8c	25.1b
	K2	12 563ab	26.4ab	139.6ab	27.0ab
	K3	12 961a	30.8a	144.0a	35.4a
	K4	12 484bc	25.5bc	138.7bc	25.6b
2016	K0	10 421c	—	—	—
	K1	12 021b	17.8b	133.6b	27.6b
	K2	12 665ab	24.9ab	140.7ab	29.4ab
	K3	13 120a	30.0a	145.8a	37.8a
	K4	12 359ab	21.5ab	137.3ab	28.1ab

注:同列数据后不同小写字母表示处理间差异达5%显著水平,下同

K2、K3和K4处理钾素吸收利用率、农学利用率和偏生产力均高于K1处理,两年钾素吸收利用率分别提高1.2%~41.0%和1.8%~37.0%,农学利用率提高幅度分别为23.8%~49.5%和20.8%~68.5%,偏生产力提高幅度分别为3.7%~7.6%和2.8%~9.1%,其中以K3处理钾素吸收利用率、农学利用率和偏生产力最高,并与K1处理差异达显著水平($P<0.05$)。

2.2 不同生育时期玉米地上部干物质积累与分配的影响



2.1 不同施钾处理对玉米产量及钾肥效率的影响

两年产量结果表明,施钾各处理玉米产量显著高于不施钾处理,在不同钾肥运筹模式中,K2、K3和K4处理玉米产量均高于钾肥一次性基施(K1)处理,两年增产幅度分别为3.7%~7.6%和2.8%~9.1%,其中K3处理玉米产量最高,与K1处理玉米产量差异达显著水平($P<0.05$)(表2)。可见,相对于一次性基施钾肥,钾肥分次施用可以显著增加玉米产量,并且将钾肥按照基肥50%+拔节期30%+大口期20%的比例施用,更有利于产量进一步提高。

2.2.1 对不同生育时期玉米地上部干物质积累

由图1可以看出,随着玉米生育进程的推移,玉米干物质积累量逐渐增加,施钾处理各处理地上部干物质积累量均显著高于不施钾肥处理。施钾处理年间玉米干物质积累趋势大致相同,不同钾肥运筹模式对玉米各生育期的干物质积累量有重要影响,2015~2016年拔节期至成熟期K2、K3、K4处理的干物质积累量均高于K1处理,两年平均提高幅度为2.8%~7.8%,其中以K3处理干

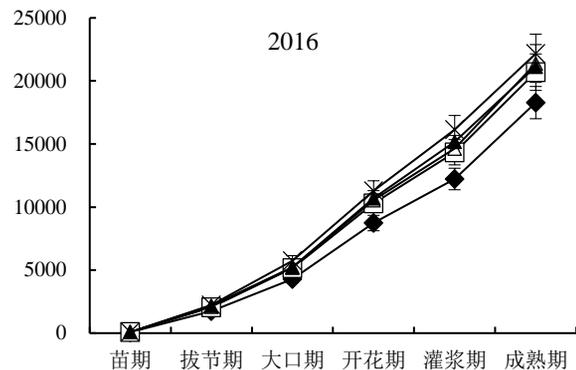


图1 不同施钾处理玉米地上部干物质积累动态

物质积累量最高,平均为 22 253 kg/hm²,较 K2 和 K4 干物质积累量增加 872 kg/hm²(4.1%)和 1 029 kg/hm²(4.8%)。可见,在覆膜滴灌条件下,钾肥合理的运筹模式可以显著提高玉米干物质积累量,对玉米产量形成有重要的促进作用。

2.2.2 成熟期玉米不同器官干物质分配

由图 2 可见,不同钾肥处理玉米成熟期各器官干物质分配趋势相近,均为籽粒>茎叶,2015 年玉米茎叶和籽粒的干物质分配比例分别为 47.8%~49.5%和 50.5%~52.2%,2016 年分别为 45.3%~47.6%和 52.4%~54.7%,K2、K3、K4 三种不同钾肥运筹模式的籽粒干物质分配比例均高于 K1 处理,其中以 K3 处理最高,且 K3 与 K1 之间的

差异达显著水平($P<0.05$)。

2.3 对不同生育时期玉米地上部钾素累积与分配的影响

2.3.1 不同生育时期玉米地上部钾素累积

图 3 表明,不同钾肥处理玉米地上部钾素累积动态与地上部干物质累积动态趋势相一致,施钾各处理玉米钾素累积量显著高于不施钾处理。苗期各处理的钾素累积量无差异,拔节期至开花期地上部钾素累积量呈快速上升趋势,随后至成熟期呈缓慢增长,在不同施钾处理中,K2、K3 和 K4 处理拔节期至成熟期处理钾素累积量均高于 K1 处理,其中 K3 处理提高幅度最高。

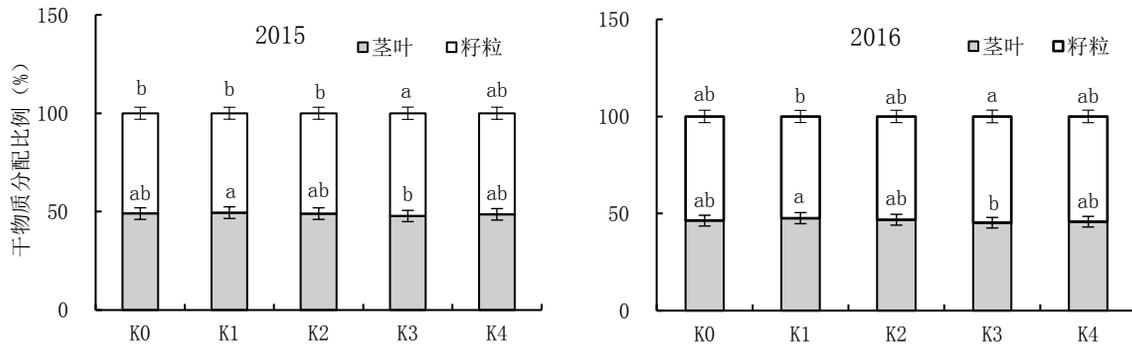


图 2 成熟期玉米各器官干物质分配比例

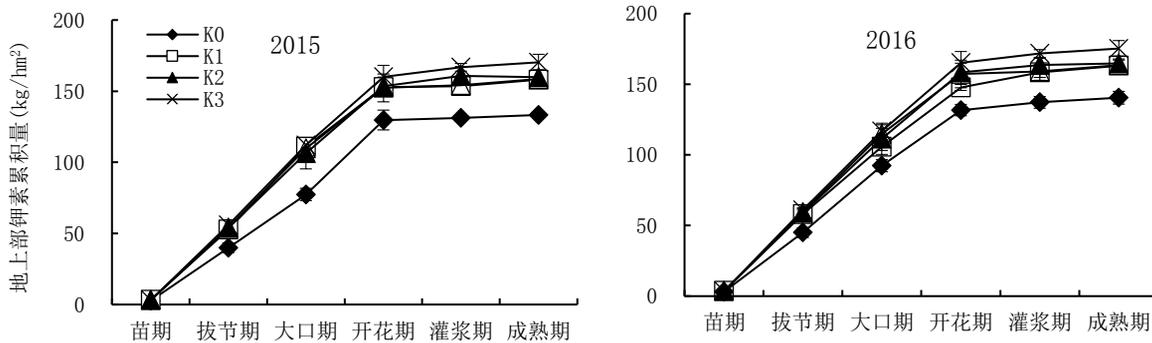


图 3 不同施钾处理玉米地上部钾素累积动态

2.3.2 成熟期玉米不同器官钾素分配

图 4 表明,玉米成熟期不同处理各器官钾素分配量均为茎叶>籽粒,施钾各处理籽粒的钾素分配比例均高于不施钾肥处理。茎叶和籽粒中钾素累积量占总吸钾量的比例,2015 年分别为 61.3%~64.1%和 35.9%~38.7%,2016 年分别为 59.7%~63.3%和 36.7%~40.3%,在不同施钾处理中,K2、K3 和 K4 处理籽粒钾素分配比例均高于 K1 处理,其中 K3 与 K1 之间的差异达显著水平($P<0.05$)。

2.4 不同施钾处理营养器官钾素转运

表 3 表明,施钾可以提高营养器官向生殖器官钾素的转运量和转运效率,施钾各处理钾素转运量和转运效率均高于不施钾肥处理,转运量和转运效率 2015 年分别提高 25.6%~48.0%和 6.8%~20.1%,2016 年分别提高 21.7%~29.7%和 10.7%~17.7%,以 K3 处理的钾素转运量和转运效率最高,说明合理的钾肥运筹模式能更有效地提升植株钾素的吸收利用能力,可以促进玉米开花期钾素向籽粒转运,使籽粒养分显著提高。

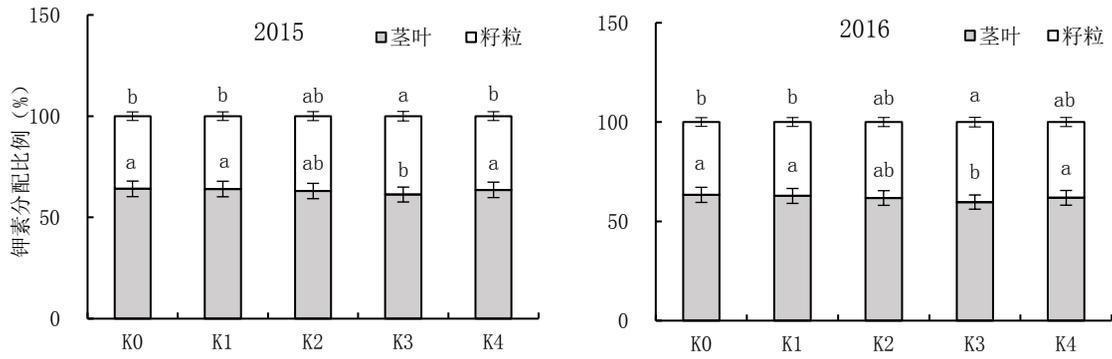


图4 成熟期玉米各器官钾素分配比例

表3 不同施钾处理植株钾素转运特征

年份	处理	转运量 (kg/hm ²)	转运率 (%)	转运贡献率 (%)
2015	K0	38.3c	29.4b	80.5a
	K1	50.5ab	31.6a	82.5a
	K2	50.8ab	33.1a	81.3a
	K3	56.7a	35.3a	83.1a
	K4	48.1b	31.4ab	83.0a
2016	K0	49.2c	35.5ab	74.7a
	K1	60.3ab	39.8ab	79.1a
	K2	60.4ab	39.4ab	74.6a
	K3	63.8a	41.8a	78.2a
	K4	59.9b	39.3ab	80.5a

3 结论与讨论

合理施用钾肥是实现玉米高产的重要措施之一。大量研究表明,施用钾肥能够显著提高玉米产量,钾肥的运筹方式对玉米生长发育及产量形成有着重要影响^[9-14]。本研究结果表明,在覆膜滴灌、施钾肥总量控制在 90 kg/hm² 条件下,分次施用钾肥较钾肥一次性基施能显著提高玉米的产量,钾肥 50% 基施,并在拔节期和大口期分别随水追施 30% 和 20%,可较钾肥一次性基施平均增产玉米 8.4%,显著提高钾肥利用效率,由此可见,合理的钾肥运筹模式是获得玉米高产稳产的关键。

肥料利用效率是检验一种施肥方式是否合理的重要指标,钾素利用效率的不同指标反映钾素对玉米生物量、籽粒产量的贡献,有研究表明,钾肥的不同运筹模式对玉米钾素吸收和利用影响不同^[15-17]。与一次性施钾处理相比,分次施钾可显著提高玉米钾素吸收,并提高钾素利用效率。本试验条件下,在拔节期和大口期追施钾肥对玉米的钾肥利用效率均有较好的促进作用,其钾素吸收利用率、农学利用率和偏生产力均显著高于钾

肥一次性基施处理。

养分的转移量和转移效率是营养器官养分向籽粒转移输出的重要指标,营养体钾的再分配对籽粒品质有重要意义^[18]。钾肥的合理运筹有利于提高钾素转运效率,玉米籽粒中的钾素主要来源于营养器官的转移,在拔节期和大口期追施钾肥有利于钾素转运,显著提高了籽粒含钾量,能更好地满足籽粒产量形成对钾素的需求,钾肥追施时期过晚不利于玉米营养体中钾向籽粒转运。综上所述,在覆膜滴灌、钾肥总量为 90 kg/hm² 条件下,钾肥 50% 作基肥、30% 作拔节肥、20% 作大口肥随水追施为该地区钾肥最佳运筹模式。

参考文献:

- [1] 李德忠,吕岩,朱明志,等.钾肥运筹对春玉米农学效应和钾素利用的研究[J].吉林农业科学,2013,38(4):25-27,78.
- [2] 侯云鹏,杨建,孔丽丽,等.水稻养分吸收和转运及产量对施钾的响应[J].吉林农业大学学报,2018,40(1):17-24.
- [3] 朱金龙,危常州,朱齐超,等.膜下滴灌春玉米氮素吸收规律与增产效应[J].玉米科学,2014,22(6):121-125.
- [4] 黄兴法,赵楠,任夏楠,等.宁夏引黄灌区膜下滴灌春玉米适宜施肥量试验研究[J].灌溉排水学报,2015,34(12):28-31.
- [5] 姚晓旭,于海秋,曹敏建.氮、钾肥运筹对超高产玉米干物质积累和产量的影响[J].华北农学报,2009,24(增刊):176-178.
- [6] 陈天宇,杨克军,李佐同,等.松嫩平原西部膜下滴灌种植方式下氮肥追施对玉米产量和氮素积累的影响[J].玉米科学,2016,24(5):105-111.
- [7] 程明瀚,郝仲勇,杨胜利,等.膜下滴灌条件下温室青椒的水氮耦合效应[J].灌溉排水学报,2018,37(11):50-56,68.
- [8] 徐泰森,孙扬,刘彦萱,等.膜下滴灌水肥耦合对半干旱区玉米生长发育及产量的影响[J].玉米科学,2016,24(5):118-122.
- [9] 孙云云,高玉山,窦金刚,等.半干旱区玉米降解地膜覆盖栽培综合效应研究[J].中国农学通报,2011,27(30):27-31.
- [10] 许海涛,班新河,许波.钾肥施用对玉米干物质生产及籽

- 粒产量影响研究[J]. 中国土壤与肥料, 2009(3):48-50.
- [11] 高玉山, 刘慧涛, 边秀芝, 等. 吉林省西部淡黑钙土玉米钾肥适宜用量初探[J]. 吉林农业科学, 2006, 31(2):39-41.
- [12] 尹彩侠, 谢佳贵, 侯云鹏, 等. 钾对玉米正常生长发育及其生理机能的影响[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(5):24-25.
- [13] 金凤霞, 颜秀娟, 林艳波, 等. 玉米氮、磷、钾肥料效应的研究[J]. 吉林农业科学, 2008, 33(6):48-50.
- [14] 孔丽丽, 杨晓丹, 李 前, 等. 钾肥不同施用方式对春玉米钾素吸收、利用和产量的影响[J]. 玉米科学, 2017, 25(3):111-116, 122.
- [15] 郑福丽, 刘兆辉, 张文君, 等. 不同钾肥用量对玉米产量和土壤养分的影响[J]. 山东农业科学, 2006, 20(6):50-52.
- [16] 倪大鹏, 刘 强, 阴卫军, 等. 施钾时期和施钾量对玉米产量形成的影响[J]. 山东农业科学, 2007, 21(4):76-80.
- [17] 于振文, 张 炜, 余松烈. 钾营养对冬小麦养分吸收分配、产量形成和品质的影响[J]. 作物学报, 1996, 22(4):442-447.
- [18] 李文娟, 何 萍, 金继运. 钾素营养对玉米生育后期干物质和养分积累与转运的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(4):799-807.

(责任编辑:王 昱)

(上接第24页)

- [2] 程富丽, 杜 雄, 刘梦星, 等. 玉米倒伏及其对产量的影响[J]. 玉米科学, 2011, 19(1):105-108.
- [3] 丰 光, 景希强, 李妍妍, 等. 玉米茎秆性状与倒伏性的相关和通径分析[J]. 华北农学报, 2010, 25(S1):72-74.
- [4] Horner E S, Lutrick M C, Chapman W H, et al. Effect of Recurrent Selection for Combining Ability with a Single-Cross Tester in Maize [J]. Crop Science, 1976, 16(1):5-8.
- [5] 李 川, 乔江方, 谷利敏, 等. 影响玉米籽粒直接机械化收获质量的生物学性状分析[J]. 华北农学报, 2015, 30(6):164-169.
- [6] 刘武仁, 郑金玉, 罗 洋, 等. 自然倒伏对玉米根系和产量的影响[J]. 东北农业科学, 2014, 39(1):6-9.
- [7] Thompson D. L. Stalk Strength of Corn as Measured by Crushing Strength and Rind Thickness1 [J]. Crop Science, 1963, 3:323-329.
- [8] 孙世贤, 戴俊英, 顾慰连. 氮、磷、钾肥对玉米倒伏及其产量的影响[J]. 中国农业科学, 1989, 22(3):28-35.
- [9] 王群瑛, 胡昌浩. 玉米茎秆抗倒特性的解剖研究[J]. 作物学报, 1991, 17(1):70-75.
- [10] 李得孝. 玉米抗倒性指标及其遗传研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2001.
- [11] 勾 玲, 赵 明, 黄建军, 等. 玉米茎秆弯曲性能与抗倒能力的研究[J]. 作物学报, 2008, 34(4):653-661.
- [12] 袁志华, 冯宝萍, 赵安庆, 等. 作物茎秆抗倒伏的力学分析及综合评价探讨[J]. 农业工程学报, 2002, 18(6):30-31.
- [13] 柳枫贺. 影响玉米机械收粒质量的主要因素研究[D]. 石河子:石河子大学, 2013.
- [14] 王克如, 李少昆. 玉米籽粒脱水速率影响因素分析[J]. 中国农业科学, 2017, 50(11):2027-2035.
- [15] Kang M. S., Zuber M. S., Horrocks R. D. An electronic probe for estimating ear moisture content of maize [J]. Crop Science, 1978, 18(6):1083-1084.
- [16] Hallauer A R, Russell W A. Estimates of maturity and its inheritance in maize [J]. Crop Science, 1962, 2(4):289-294.
- [17] 李淑芳, 张春宵, 路 明, 等. 玉米籽粒自然脱水速率研究进展[J]. 分子植物育种, 2014, 12(4):825-829.
- [18] Troyer A F, Ambrose W B. Plant characteristics affecting field drying rate of ear corn [J]. Crop Science, 1971, 11(4):529-531.
- [19] 李艳杰, 史纪明, 鞠成梅, 等. 玉米籽粒水分与品种性状相关性研究初报[J]. 玉米科学, 2000, 8(4):37-38.
- [20] 李绍长, 周锦瑶, 盛 茜. 五种基因型玉米籽粒灌浆特性的研究[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 1997(3):190-193.
- [21] 李德新, 宫秀杰, 钱春荣. 玉米籽粒灌浆及脱水速率品种差异与相关分析[J]. 中国农学通报, 2011, 27(27):92-97.
- [22] 王振华, 张忠臣, 常华章, 等. 黑龙江省38个玉米自交系生理成熟期及籽粒自然脱水速率的分析[J]. 玉米科学, 2001, 9(2):53-55.
- [23] 卫勇强, 雷晓兵, 梁晓伟, 等. 不同夏玉米品种籽粒自然脱水速率的研究[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(6):167-168.

(责任编辑:王 昱)

(上接第29页)

- [1] 张桂英, 张喜文, 杨 斌, 等. 不同品种小米淀粉理化特性的主成分分析与聚类分析[J]. 现代食品科技, 2017(11):224-229.
- [2] 李 星, 王海寰, 沈 群. 不同品种小米品质特性研究[J]. 中国食品学报, 2017, 17(7):248-254.
- [3] 杨 春, 田志芳, 卢健鸣, 等. 小米蛋白质研究进展[J]. 中国粮油学报, 2010(8):123-128.
- [4] Fan G Y, Yuan J C, Zhang L N, et al. Nutrient Composition of Different Foxtail Millet Seeds[J]. Agricultural Biotechnology, 2018, 7(5):35-37, 96.
- [5] 李淑杰, 高 鸣, 胡喜连, 等. 优质、抗除草剂谷子新品种公谷80的创制与应用[J]. 东北农业科学, 2017, 42(6):8-9.

(责任编辑:王 昱)