

• 导读 •

东北春玉米高产与养分高效综合管理

王永军^{1,2}, 吕艳杰^{1,2}, 刘慧涛¹, 边少锋¹, 王立春^{1,2}

(¹ 吉林省农业科学院农业资源与环境研究所/玉米国家工程实验室, 长春 130033; ² 吉林农业大学农学院, 长春 130118)

Integrated Management of High-Yielding and High Nutrient Efficient Spring Maize in Northeast China

WANG YongJun^{1,2}, LÜ YanJie^{1,2}, LIU HuiTao¹, BIAN ShaoFeng¹, WANG LiChun^{1,2}

(¹ Institute of Agricultural Resources and Environment, Jilin Academy of Agricultural Sciences/State Engineering Laboratory of Maize, Changchun 130033; ² College of Agronomy, Jilin Agricultural University, Changchun 130118)

东北春玉米区是我国最大的玉米产区, 主要包括黑、吉、辽三省和内蒙古东部(赤峰、通辽、呼伦贝尔和兴安盟), 常年种植面积约 15 732 万 hm², 总产量为 10 335 万 t 左右, 分别占全国玉米总播种面积的 37.3%和总产的 40.2%^[1], 对保障国家粮食安全具有无可替代的作用^[2-3]。在当今世界人口迅速增长、农业用地数量与质量矛盾日益突出的全球背景下, 粮食总产进一步增加必须依靠单产水平的不断提高^[4-6]。然而, 东北黑土地农田长期玉米连作, 产量不断提高主要依赖化肥大量投入, 有机物料投入严重不足, 土壤“重用轻养”, 导致耕层结构劣化、水肥保供能力急剧下降, 土壤质量退化严重, 土地产出效率和农业投入品的资源利用效率长期处于较低水平^[2-3, 6-7]。面对上述问题与挑战, 探索产量和资源效率协同提高的关键过程、驱动机制及调控途径, 既是作物栽培学领域的基本内涵, 又是常话常新的研究热点。

玉米产量形成过程是一个作物群体生产过程^[8-10], 毫无疑问也是主要针对高产和资源高效这一矛盾协调统一的生产系统综合管理过程。因此, 除品种、气候、病虫害防控与非生物灾害消减等产量形成与保护因素外, 种植密度和养分管理是玉米栽培学中最活跃的两大因素。氮、磷、钾三元素是玉米生产过程中最重要的大量元素, 其吸收与利用直接影响作物生长发育状况, 进而影响产量与效率^[2, 11], 历来受到国内外广大学者的广泛关注。

发达国家以土壤培肥为核心的有机物料因地制宜还田与轮耕休闲技术无疑是黑土地持续利用的有效途径^[3, 12], 但不适于我国必须保证粮食持续增产、农民不断增收的基本国情。前人不断探索和优化适于不同生态类型区的种植模式和养分综合管理方式, 能够同步实现大幅度提高谷物产量、养分资源利用效率和保护环境^[7, 10, 13-16]。这些相关研究成果大面积应用, 在相当长一段时期内, 为我国高强度连作条件下的粮食增产、提质增效和环境友好等多目标协调统一提供了有力的科技支撑。

由于作物生长发育与环境因子的互作关系, 玉米生产过程具有鲜明的区域特色^[17-19]。种植业追求的高产高效目标, 实质上是更加高效、精确地匹配品种和环境因子, 并进行有效技术措施干预的综合结果。我国东北春玉米区自南向北的积温随纬度增加逐渐降低, 适宜熟期品种的选择极其重要^[20], 而自东向西随经度梯度变化自然降水逐渐减少, 由湿润和半湿润雨养区渐次向半干旱灌溉区过度, 水分管理成为玉米生产中最重要、最复杂的调控技术措施^[21-22]。与我国其他主产区围绕品种选择、群体调控、耕作措施、养分及水分管理等^[23-27]方面, 开展的不同种植模式玉米高产与养分高效研究相比, 东北春玉米的种植模式多样性更强, 对适于不同生态类型区高产与养分高效技术的需求更加迫切, 但研究进展却相对薄弱。

吉林省农业科学院玉米栽培生理生态研究团队, 自“九五”以来, 多年坚持立足东北区, 围绕高产群

收稿日期: 2019-10-03; 接受日期: 2019-10-14

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300103, 2017YFD0300603)、吉林省农业科技创新工程(CXGC2017JQ006)、国家玉米产业技术体系(CARS-02-16)

联系方式: 王永军, Tel: 0431-87063941; E-mail: yjwang2004@126.com

体质量提升、土壤肥沃耕层构建、养分与水分资源高效管理^[2-3, 12, 22], 致力于玉米“SPA(土壤-作物-气候)”系统综合管理理论与技术创新, 在逐步破解玉米高产、高效、绿色发展的理论与技术难题方面, 取得了较大的研究进展。本栏目以“东北春玉米高产与养分高效综合管理”专题的形式刊发4篇文章, 其中, 《减源对不同密度春玉米开花后干物质及氮、磷、钾积累转运的影响》针对当前玉米密植增产中群体调控与氮磷钾养分吸收、利用这一重要关系, 通过叶源调控手段, 解析了高密度玉米群体叶片冗余特征, 发现适度调减叶源能够促进营养器官干物质和氮、磷、钾营养元素向籽粒的转运, 显著提高籽粒产量, 是春玉米进一步高产和养分高效的有效途径。《综合农学管理模式对春玉米产量和养分累积特征的影响》针对东北半湿润雨养区不同栽培方式、种植密度和肥料运筹等主要栽培措施整合的管理模式, 研究了综合农学管理模式下对春玉米产量和养分累积特征的影响, 提出了合理增密(70 000株/hm²)、优化化肥用量(N、P₂O₅、K₂O分别为225、90、90 kg·hm⁻²)和施用时期、增施有机肥(15 000 kg·hm⁻²)、补充中微肥(150 kg·hm⁻²), 结合土壤深松, 实现了产量和养分效率协同提高。《东北半干旱区滴灌施肥条件下高产玉米干物质与养分积累分配特性》一文针对东北半干旱区覆膜滴灌施肥条件下不同栽培模式, 由于覆膜改变了玉米生长发育, 其养分吸收利用特征亦发生相应变化, 滴灌施肥异于常规施肥的科学问题, 阐明了不同栽培模式玉米干物质与养分积累动态、转运与分配的调控效应及其与产量形成之间的关系, 为东北半干旱区玉米滴灌施肥高产高效栽培提供了参考依据。为进一步确定东北半干旱区玉米覆膜滴灌条件下的适宜磷肥用量, 通过作物产量与磷素吸收利用、土壤磷浓度变化和收支平衡等角度综合分析, 《覆膜滴灌条件下基于玉米产量和土壤磷素平衡的磷肥适用量研究》一文系统比较了不同磷肥用量的综合效应, 得出磷肥优化量参考值为88—97 kg·hm⁻², 兼顾了高产和土壤磷素平衡, 为区域玉米水肥一体化技术的发展提供了依据。希望上述论文的发表能够起到抛砖引玉的作用, 带动更多科技工作者开展东北区春玉米高产高效相关理论与技术研究, 促进区域玉米生产科技水平提升, 助力“东北粮仓”建设。

References

[1] 国家统计局. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2019.

National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook*.

Beijing: China Statistics Press, 2019. (in Chinese)

[2] 王立春. 吉林玉米高产理论与实践. 北京: 科学出版社, 2014.

WANG L C. *Theory and Practice of Maize with High-Yielding Potential in Jilin*. Beijing: Science Press, 2014. (in Chinese)

[3] 王立春, 王永军, 边少锋, 蔡红光, 任军, 郑金玉, 朱平. 吉林省玉米高产高效绿色发展的理论与实践. 吉林农业大学学报, 2018, 40(4): 383-392.

WANG L C, WANG Y J, BIAN S F, CAI H G, REN J, ZHENG J Y, ZHU P. Theory and practice for high yield, high efficiency and green development of maize in Jilin province. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2018, 40(4): 383-392. (in Chinese)

[4] CASSMAN K G. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 1999, 96: 5952-5959.

[5] TILMAN D, BALZER C, HILL J, BEFORT B L. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(50): 20260.

[6] 王立春, 边少锋, 任军, 刘武仁. 提高春玉米主产区玉米单产的技术途径. 玉米科学, 2007, 18(6): 133-134.

WANG L C, BIAN S F, REN J, LIU W R. Discussion on technique way to increase unit area yield in the main production area of spring maize. *Journal of Maize Sciences*, 2007, 18(6): 133-134. (in Chinese)

[7] 李少昆, 赵久然, 董树亭, 赵明, 李潮海, 崔彦宏, 刘永红, 高聚林, 薛吉全, 王立春, 王璞, 陆卫平, 王俊河, 杨祁峰, 王子明. 中国玉米栽培研究进展与展望. 中国农业科学, 2017, 50(11): 1941-1959.

LI S K, ZHAO J R, DONG S T, ZHAO M, LI C H, CUI Y H, LIU Y H, GAO J L, XUE J Q, WANG L C, WANG P, LU W P, WANG J H, YANG Q F, WANG Z M. Advances and prospects of maize cultivation in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2017, 50(11): 1941-1959. (in Chinese)

[8] 赵松岭, 李凤民, 张大勇, 段舜山. 作物生产是一个种群过程. 生态学报, 1997, 17(1): 100-104.

ZHAO S L, LI F M, ZHANG D Y, DUAN S S. Crop production is a population process. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(1): 100-104. (in Chinese)

[9] TOKATLIDIS I S, KOUTROUBAS S D. A review of maize hybrids' dependence on high plant populations and its implications for crop yield stability. *Field Crops Research*, 2004, 88(2/3): 103-114.

[10] 赵明, 周宝元, 马玮, 李从锋, 丁在松, 孙雪芳. 粮食作物生产系统定量调控理论与技术模式. 作物学报, 2019, 45(4): 485-498.

ZHAO M, ZHOU B, MA W, LI C F, DING Z S, SUN X F.

- Theoretical and technical models of quantitative regulation in food crop production system. *Acta Agronomica Sinica*, 2019, 45(4): 485-498. (in Chinese)
- [11] GARDNER F P, PEARCE R B, MITCHELL R L. *Physiology of Crop Plant*. Ames: Iowa State University Press, 1985.
- [12] LÜ Y, WANG Y, WANG L, ZHU P. Straw return with reduced nitrogen fertilizer maintained maize high yield in Northeast China. *Agronomy*, 2019, 9(5): 229-244.
- [13] CHEN X, CUI Z, VITOUSEK P M, CASSMAN K G, MATSON P A, BAI J, MENG Q, HOU P, YUE S, RÖMHELD V, ZHANG F. Integrated soil-crop system management for food security. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2011, 108(16): 6399-6404.
- [14] CHEN X P, CUI Z L, FAN M S, VITOUSEK P, ZHAO M, MA W, WANG Z, ZHANG W, YAN X, YANG J, DENG X, GAO Q, ZHANG Q, GUO S, REN J, LI S, YE Y, WANG Z, HUANG J, TANG Q, SUN Y, PENG X, ZHANG J, HE M, ZHU Y, XUE J, WANG G, WU L, AN N, WU L, MA L, ZHANG W, ZHANG F. Producing more grain with lower environmental costs. *Nature*, 2014, 514(7523): 486-489.
- [15] SHEN J B, CUI Z L, MIAO Y X, MI G H, ZHANG H Y, FAN M S, ZHANG C C, JIANG R F, ZHANG W F, LI H G, CHEN X P, LI X L, ZHANG F S. Transforming agriculture in China: From solely high yield to both high yield and high resource use efficiency. *Global Food Security*, 2013, 2(1): 1-8.
- [16] MUELLER N D, GERBER J S, JOHNSTON M, RAY D K, RAMANKUTTY N, FOLEY J A. Closing yield gaps through nutrient and water management. *Nature*, 2012, 490(7419): 254-257.
- [17] ZHOU B Y, YUE Y, SUN X F, WANG X B, WANG Z M, MA W, ZHAO M. Maize grain yield and dry matter production responses to variations in weather conditions. *Agronomy Journal*, 2016, 108(1): 196-204.
- [18] LIU Y E, XIE R Z, HOU P, LI S K, ZHANG H B, MING B, LONG H L, LIANG S M. Phenological responses of maize to changes in environment when grown at different latitudes in China. *Field Crops Research*, 2013, 144: 192-199.
- [19] LIU Y E, HOU P, XIE R Z, LI S K, ZHANG H B, MING B, MA D L, LIANG S M. Spatial adaptabilities of spring maize to variation of climatic conditions. *Crop Science*, 2013, 53(4): 1693-1703.
- [20] 王晓慧, 张磊, 刘双利, 曹玉军, 魏雯雯, 刘春光, 王永军, 边少锋, 王立春. 不同熟期春玉米品种的籽粒灌浆特性. *中国农业科学*, 2014, 47(18): 3557-3565.
- WANG X H, ZHANG L, LIU S L, CAO Y J, WEI W W, LIU C G, WANG Y J, BIAN S F, WANG L C. Grain filling characteristics of maize hybrids differing in maturities. *Scientia Agricultura Sinica*, 2014, 47(18): 3557-3565. (in Chinese)
- [21] 董朝阳, 杨晓光, 杨婕, 解文娟, 叶清, 赵锦, 李克南. 中国北方地区春玉米干旱的时间演变特征和空间分布规律. *中国农业科学*, 2013, 46(20): 4234-4245.
- DONG C Y, YANG X G, YANG J, XIE W J, YE Q, ZHAO J, LI K N. The temporal variation characteristics and spatial distribution laws of drought of spring maize in northern China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46 (20): 4234-4245. (in Chinese)
- [22] WU Y, WANG L, BIAN S, LIU Z, WANG Y, LV Y, CAO Y, YAO F, LI C, WEI W. Evolution of roots to improve water and nitrogen use efficiency in maize elite inbred lines released during different decades in China. *Agricultural Water Management*, 2019, 216: 44-59.
- [23] 胡昌浩, 潘子龙. 夏玉米同化产物积累与养分分配规律的研究. II. 氮、磷、钾的吸收、分配与转移规律. *中国农业科学*, 1982, 15(2): 38-48.
- HU C H, PAN Z L. Studies on the rules of assimilate accumulation and nutrient absorption and distribution in the summer maize plant: II. Rules on the absorption, distribution and translocation of nitrogen, phosphorus and potassium. *Scientia Agricultura Sinica*, 1982, 15(2): 38-48. (in Chinese)
- [24] 王宜伦, 李潮海, 何萍, 金继云, 韩燕来, 张许, 谭金芳. 超高产夏玉米养分限制因子及养分吸收积累规律研究. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(3): 559-566.
- WANG Y L, LI C H, HE P, JIN J Y, HAN Y L, ZHANG X, TAN J F. Nutrient restrictive factors and accumulation of super-high-yield summer maize. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16 (3): 559-566. (in Chinese)
- [25] JIN L B, CUI H Y, LI B, ZHANG J W, DONG S T, LIU P. Effects of integrated agronomic management practices on yield and nitrogen efficiency of summer maize in North China. *Field Crops Research*, 2012, 134: 30-35.
- [26] 齐文增, 陈晓璐, 刘鹏, 刘惠惠, 李耕, 邵立杰, 王飞飞, 董树亭, 张吉旺, 赵斌. 超高产夏玉米干物质与氮、磷、钾养分积累与分配特点. *植物营养与肥料学报*, 2013, 19(1): 26-36.
- QI W Z, CHEN X L, LIU P, LIU H H, LI G, SHAO L J, WANG F F, DONG S T, ZHANG J W, ZHAO B. Characteristics of dry matter, accumulation and distribution of N, P and K of super-high-yield summer maize. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2013, 19(1): 26-36. (in Chinese)
- [27] 王洪章, 刘鹏, 贾绪存, 李静, 任昊, 董树亭, 张吉旺, 赵斌. 不同栽培管理条件下夏玉米产量与肥料利用效率的差异解析. *作物学报*, 2019, 45(10): 1544-1553.
- WANG H Z, LIU P, JIA X C, LI J, REN H, DONG S T, ZHANG J W, ZHAO B. Analysis of differences in summer maize yield and fertilizer use efficiency under different cultivation managements. *Acta Agronomica Sinica*, 2019, 45(10): 1544-1553. (in Chinese)

(责任编辑 杨鑫浩)