

辽宁省玉米高产潜力探索及创建 “超高产田”关键技术研究

王延波, 赵海岩

(辽宁省农业科学院玉米研究所, 沈阳 110161)

摘要: 2006~2014年, 辽宁省粮食丰产科技工程项目组在辽西项目区开展玉米高产潜力探索及小面积超高产田创建工作。对经过严格测产且产量达到和超过 15 000 kg/hm² 的 32 个地块的地理分布、种植品种、种植密度、产量和产量构成因素及创建关键技术进行分析。结果表明, 从纬度看, 高产田均出现在 40.82°~42.07° N 范围内; 从海拔看, 高产田出现在 1 000 m 以下。玉米高产田的平均产量为 16 630.5 kg/hm², 75% 以上高产田块的种植密度超过 6.75×10⁴ 株/hm², 收获穗数与产量呈正相关关系。辽单 565 产量为 15 025.5~18 822.2 kg/hm², 收获穗数 69 800~93 200 穗/hm², 穗粒数 453~510 粒, 千粒重 422.5~463.9 g, 穗粒重 190.3~233.6 g。高产关键技术是采用耐密型高产稳产品种, 合理提高密度, 充足的水肥供给, 科学管理和地膜覆盖。

关键词: 玉米; 高产潜力; 关键技术; 辽宁省

中图分类号: S513.048

文献标识码: A

Exploration of Maize High-yielding Potential and Technology for Creation of “Super High-yielding Plots” in Liaoning Province

WANG Yan-bo, ZHAO Hai-yan

(Corn Research Institute, Liaoning Academy of Agricultural Sciences, Shenyang 110161, China)

Abstract: Maize yield potential exploration and small area of super-high-yielding creation work were carried out by Liaoning Grain Productive Technology Engineering Team in the project area of western Liaoning province from 2006 to 2014. The results of geographical distribution, planting varieties, plant population, yield and yield components and key field management in 32 trial plots, which yield was equal to or above 15000 kg/ha were showed that, high yielding plots usually distributed at 40.82°–42.07° N and below 1 000 m elevation. Average yield of high-yielding plot was 16 630.5 kg/ha, which plant density of 75% plot was 6.75×10⁴ plant/ha. Harvest ear number was positively related to yield. Seed yield of Liaodan565 was from 15 025.5 to 18 822.2 kg/ha, the harvest ear number was from 69 800 to 93 200 ear/ha, the kernel number per ear was from 453 to 510, the 1 000-kernel weight was from 422.5 to 463.9 g, kernel weight per ear was from 190.3 to 233.6 g. High yielding technology was mainly about that, choosing high density tolerant and high-yielding variety, increasing plant population, higher water and fertilizer supply, scientific management and plastic film mulching.

Key words: Maize; High-yielding potential; Key technology; Liaoning province

收稿日期: 2015-05-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2011BAD16B12, 2012BAD04B03, 2013BAD07B03)、国家玉米产业技术体系(CARS-02-33)

作者简介: 王延波(1966-), 男, 黑龙江庆安人, 博士, 从事玉米遗传育种及高效栽培技术研究。Tel: 13604033601

E-mail: lnwangyanbo@163.com

玉米是 C₄ 植物, 光合效率高, 单位面积产量也高^[1], 有巨大的增产潜力。美国早在 1914 年就开展玉米高产竞赛, 第 1 块高产田出现在 Indiana 州, 采用农家品种, 单产为 7 125 kg/hm² (当年全美平均单产 1 575 kg/hm²), 1941 年杂交种推广后单产达到 12 070 kg/hm², 之后逐年增加, 直到达到 15 000 kg/hm² 以上^[2]。1985 年 Illinois 州的 Herman Warsaw 在非灌溉条件下创造了 23 224 kg/hm² 的世界纪录^[3], 到

2002年Iowa州的Francis Childs又将纪录提高到27 743 kg/hm²^[4],分别为全美当年玉米平均产量的3.13倍与3.46倍。2013年,在新疆兵团奇台农场,创造了我国玉米单产最高纪录,达到22 676.1 kg/hm²。

玉米是我国种植面积最大的粮食作物,在国家粮食生产中占据主要地位。玉米单产和总产的提高直接影响我国粮食安全。为了充分挖掘我国玉米产量潜力,集成和熟化玉米高产和“超高产”栽培技术,“十一五”以来,广大玉米科技工作者在国家启动的“粮食丰产科技工程”项目中,有针对性地开展了玉米“超高产”攻关和集成技术研究工作,先后涌现出很多“吨产”以上的高产典型,并形成了各地区不同特色的集成技术。2006~2010年共涌现出159块15 000 kg/hm²以上的高产田,其中2006年15块,2007年21块,2008年40块,2009年45块,2010年38块^[5]。上述每块高产田都建立田间档案,进行生育期相关调查,积累了丰富的技术资料。初步明确了不同玉米生产区域的产量潜力,同时,通过开展小面积玉米超高产创建,集成和优化“超高产”的关键技术,为大面积高产创建进行了技术储备,对进一步提高玉米产量提供了技术支撑。

1 材料与方法

辽宁省农业科学院在“十一五”和“十二五”主持“东北平原南部(辽宁)春玉米水稻持续丰产高效技术集成创新与示范”项目,在项目的实施过程中,由

辽宁省农业科学院玉米研究所承担玉米超高产创建任务。2006~2014年,课题组利用辽西干旱少雨的气候特点,选择土壤条件优越、灌排便利的地块;遴选当地农业主管部门或农业技术推广部门积极性高、工作力度大并能组织实施的科技示范县及愿意承担任务并积极性高、肯投入、善管理农户;技术专家提出高产栽培关键技术,将符合当地生产需求的技术集成并不断优化,分别建立田间档案,包括填写地点、面积、农户、海拔、降雨量、光温条件、主要技术措施、产量构成因素和生产管理等,对产量突出地块组织专家测产、确定产量及产量构成因素等。

选用耐密性较强的辽单565、郑单958、浚单795、铁旭1号、铁南1号、丹玉78、沈玉21和稀植大穗品种辽单526、铁单18、丹玉96等品种。

2 结果与分析

2.1 辽宁省玉米高产田的分布

从9年的“超高产田块”出现的高产频率看出,32块单产15 000 kg/hm²以上的高产田分布在辽西的建平县、建昌县、阜蒙县、喀左县和新民市;68.8%高产田出现在建平县;纬度出现在40.82°~42.07°N范围内;海拔出现在1 000 m以下,最高的是建平县504 m,最低的是新民市仅为30 m。实践证明,高产田块实现的区域范围相对稳定。建平县光热资源优于其他地区(表1)。

表1 高产田块的分布地点
Table 1 Distribution of highyielding plot

地 点 Location	地块数 No. of plot	所占比例(%) Percentage	纬度(N) Latitude	海拔(m) Elevation
建平县	22	68.8	41.98	504
建昌县	3	9.4	40.82	400
阜蒙县	4	12.5	42.07	168
喀左县	1	3.1	41.30	300
新民市	2	6.3	42.00	30

2.2 高产田的密度和产量的相关性

从表2可知,32块玉米高产田种植密度范围为(5.25~9.75)×10⁴株/hm²。从高产田地块数分析,密度范围(6.75~7.5)×10⁴株/hm²和(7.5~8.25)×10⁴株/hm²分别占总地块数的34.4%和25%,合计为59.4%;低于6.75×10⁴株/hm²的高产田块占25%;大于8.25×10⁴株/hm²的高产田块占15.65%,75%以上高产田块的种植密度超过6.75×10⁴株/hm²。就高产田块的面积来说,种植密度低于6.75×10⁴株/hm²的

面积仅为2.42 hm²,占总面积4.24%,大于6.75×10⁴株/hm²的高产田块面积为54.62 hm²,占总面积95.76%,说明绝大多数面积的高产田种植密度在6.75×10⁴株/hm²以上。32块玉米高产田的平均产量为16 630.5 kg/hm²,平均收获穗数为7.54×10⁴穗/hm²。产量随收获穗数的增多而增加,当平均收获穗数超过9×10⁴穗时,产量达到18 000 kg/hm²以上,表明提高种植密度(保苗率)和收获穗数(减少空秆率)起了决定性的作用。

表2 不同密度水平下玉米高产田的产量
Table 2 Yield from high-yielding plot at different plant populations

设计密度 ($\times 10^4$ 株/hm ²) Designed density	地块数 No. of plot	地块数所占比例 (%) Percentage	面 积 (hm ²) Area	平均收获穗数 ($\times 10^4$ 穗/hm ²) Average of harvestears	产 量 (kg/hm ²) Yield
5.25 ~ 6.0	4	12.50	0.85	5.55	16 419.0 ~ 17 631.0
6.0 ~ 6.75	4	12.50	1.57	6.58	15 585.0 ~ 17 245.5
6.75 ~ 7.5	11	34.40	17.63	7.23	15 025.5 ~ 17 166.0
7.5 ~ 8.25	8	25.00	15.22	7.95	15 273.0 ~ 18 140.1
8.25 ~ 9.0	3	9.40	7.47	8.76	16 810.1 ~ 18 098.4
9.0 ~ 9.75	2	6.25	14.30	9.17	18 174.0 ~ 18 822.15
合计/平均	32	100.00	57.04	7.54	16 630.5

2.3 高产田的品种选择

从表3可以看出,32块玉米高产田共选用了10个品种,其中辽单565有22块,占总块数的68.75%;铁南1号有两块,占6.25%;其余品种均为1块,分别占3.13%。从品种的面积来看,辽单565占了94.32%,其他品种均不到1%。从品种类型来看,除

了辽单526、丹玉96、铁单18为稀植大穗型品种外,其余品种均为密植型品种。辽单565抗倒性好、耐密植。总的来说,密植品种获得高产的机会多、可能性大,尤其是中熟和中晚熟矮秆、耐密品种是创高产的首选。

表3 不同品种高产田的地块数和面积
Table 3 Number and area of highyielding plot for different varieties

品 种 Variety	地块数 No. of plot	比例(%) Percentage	面积(hm ²) Area	比例(%) Percentage
辽单565	22	68.75	53.81	94.32
辽单526	1	3.13	0.18	0.32
铁单18	1	3.13	0.27	0.47
铁旭1号	1	3.13	0.20	0.35
铁南1号	2	6.25	0.53	0.93
浚单795	1	3.13	0.33	0.58
丹玉78	1	3.13	0.50	0.88
郑单958	1	3.13	0.50	0.88
沈玉21	1	3.13	0.33	0.58
丹玉96	1	3.13	0.40	0.70
合 计	32	100.00	57.05	100.00

2.4 高产田的产量和产量结构

从表4可以看出,高产田的产量及其构成要素变幅较大,其中产量为15 025.5 ~ 18 822.2 kg/hm²,穗数69 800 ~ 93 200 穗/hm²,穗粒数453 ~ 510 粒,千粒重422.5 ~ 463.9 g,穗粒重190.3 ~ 233.6 g。此外,无论地块面积大小,辽单565获得高产的田间收获穗数必需在7万穗以上,穗数越多,产量越高,收获穗数与产量相关性为0.712。

从图1可以看出,大部分的产量变化是由穗数变化造成的($R^2=0.507\ 0$);每公顷粒数与产量相关性

更高,为0.834。从图2可以看出,绝大部分的产量变化来自于每公顷收获粒数变化($R^2=0.696\ 2$)。每公顷收获穗数与每公顷粒数存在极显著相关性($R=0.964$)。尽管随着穗数的增加,穗粒数、粒重和穗粒重均有所降低,但产量却随着穗数的增加而增加。当穗数达到9万穗/hm²以上,穗粒数450粒以上,千粒重420 g以上,穗粒重大于等于200 g,产量突破了18 000 kg/hm²。2014年,辽单565玉米品种在14 hm²面积上,平均产量达到18 822.2 kg/hm²(14%标准水),其收获穗数90 300穗,穗粒数482粒,千粒重432.8 g,

穗粒重 208.4 g,每公顷粒数 3 908.2 万粒。单产与单位面积的有效穗数和总粒数相关性较强,高产田的有效收获穗数(田间保苗)是保证高产的基础,而促进穗粒数和粒重增加的管理措施是保障高产的技术关键。

表 4 不同年份辽单 565 玉米高产田的产量及产量结构
Table 4 Yield and yield components of Liaodan565 at high-yielding plot across different years

年 度 Year	地 点 Location	地块面积 (hm ²) Area	穗 数 (×10 ⁴ 穗/hm ²) No. of ear	穗粒数(粒) Kernel No. per ear	千粒重(g) 1 000-kernel weight	粒 数 (×10 ⁴ 粒/hm ²) Kernel No.	穗粒重(g) Kernel weight per ear	产 量 (kg/hm ²) Yield
2006	阜新县他本镇桃李村	0.22	7.79	453	433.4	3 374.0	196.2	15 273.0
	建平县黑水镇后山村	0.20	7.12	510	453.8	3 232.0	231.3	17 166.0
	建平县太平庄乡	0.33	9.32	458	425.7	3 965.4	195.1	18 174.0
2007	建平县太平庄乡	0.33	8.79	465	422.5	3 713.8	196.3	17 254.1
	建平县黑水镇	0.33	7.32	506	456.9	3 344.5	231.4	16 934.9
	建平县黑水镇	0.50	8.06	504	447.2	3 602.2	225.2	18 140.1
	阜新县他本镇	0.40	7.34	477	429.1	3 147.4	204.8	15 025.5
	新入市大民屯镇	0.17	6.98	488	449.7	3 136.7	219.6	15 316.8
	2008 建平县太平庄乡	0.33	7.91	466	433.2	3 424.4	202.1	15 972.2
	建平县黑水镇	0.80	7.41	491	445.4	3 300.4	218.8	16 212.9
	建昌县	0.40	7.23	473	459.1	3 319.3	217.3	15 711.6
2009	建平县黑水镇	3.33	8.21	481	440.2	3 611.8	211.5	17 357.4
	阜蒙县他本镇	1.33	7.23	483	433.3	3 132.8	209.1	15 120.0
	新入市	1.00	7.10	503	463.9	3 291.4	233.6	16 572.0
2010	建平昌隆镇	4.67	7.32	492	440.8	3 226.7	216.9	15 879.0
2011	建平昌隆镇	4.67	7.04	478	453.6	3 191.1	217.0	15 264.0
2012	建平昌隆镇	4.00	8.00	502	436.5	3 489.8	219.0	17 506.5
	建平县太平庄乡	3.33	8.18	444	428.4	3 502.2	190.3	15 555.0
	喀左县水泉乡	3.67	7.46	470	433.8	3 234.0	203.7	15 187.5
2013	建平县昌隆镇昌隆村	6.80	8.51	486	437.7	3 722.6	212.8	18 098.4
	建平县昌隆镇东井村	3.00	7.86	485	446.9	3 512.6	216.5	17 019.0
2014	建平县昌隆镇昌隆村	14.00	9.03	482	432.8	3 908.2	208.4	18 822.2

表 5 高产玉米产量与产量构成因子的相关性分析
Table 5 Correlation analysis of yield and yield components for high-yielding maize

因 子 Factor	x1	x2	x3	x4	x5	x6
x1		0.062	0.001	0.000	0.007	0.000
x2	-0.405		0.001	0.265	0.000	0.151
x3	-0.658	0.650		0.043	0.000	0.791
x4	0.964	-0.248	-0.435		0.101	0.000
x5	-0.562	0.935	0.877	-0.359		0.442
x6	0.712	0.317	-0.060	0.834	0.173	

注:左下角是相关系数r,右上角是p值。x1为每公顷穗数,x2为每穗粒数,x3为千粒重,x4为每公顷粒数,x5为每穗粒重,x6为每公顷产量。下表同。
Note: Left bottom side was represents correlation parameter, top right corner was represents P value, respectively. x1 represents ear number per hectare, x2 represents kernel number per ear, x3 represents 1 000-kernel weight, x4 represents kernel number per hectare, x5 represents kernel weight per ear, x6 represents seed yield per hectare. The same below.

表6 产量与产量构成因子相关系数置信区间分析

Table 6 Confidence interval analysis of correlation parameter between yield and yield components

95%置信区间 Confidence interval	x1	x2	x3	x4	x5
x2	-0.706 0~0.020 2				
x3	-0.845 2~-0.327 1	0.314 3~0.841 0			
x4	0.913 8~0.985 2	-0.606 6~0.193 4	-0.723 8~-0.016 3		
x5	-0.795 1~-0.183 8	0.847 1~0.973 0	0.722 2~0.948 0	-0.678 1~0.073 6	
x6	0.415 0~0.871 9	-0.121 0~0.651 4	-0.469 7~0.371 0	0.636 8~0.929 1	-0.268 3~0.554 1

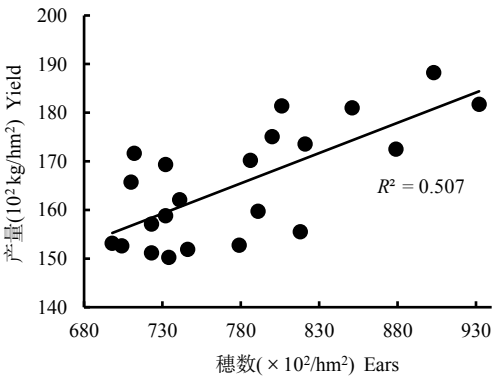


图1 高产玉米单位面积穗数与产量的相关性

Fig.1 Corelation between ear number per hectare and yield of high-yielding maize

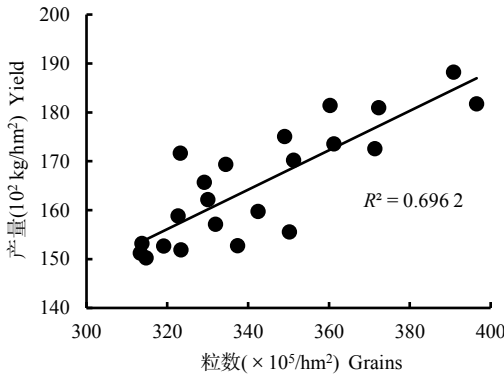


图2 高产玉米单位面积粒数与产量的相关性

Fig.2 Corelation between kernel number per hectare and yield of high-yielding maize

2.5 高产配套栽培技术

2.5.1 地块管理

每年施入优质农家肥(鸡粪肥)45 000 kg/hm²,提高基础地力;隔年采用机械深松,深度达到35~40 cm,打破犁底层;通过精细整地,建立优良的耕种基础田块环境。

2.5.2 品种及种子选择

以增加玉米种植密度为前提,选择种植抗旱、耐密、高产优质玉米新品种辽单565、郑单958、先玉335等,保苗达到75 000株/hm²以上。优选子粒均匀、饱

满,纯度、芽率高和发芽势强的种子,确保田间群体长势一致。

2.5.3 种植模式选择

采用大垄双行、平作宽窄行等高光效栽培模式,大行距70~80 cm,小行距40 cm,总体形成宽窄档,促进田间植株的边行效应。

2.5.4 田间管理关键技术要点

(1)播期选择及播种技术

在墒情(水分≥15%)适宜和地温(≥10℃)保障条件下,采用集开沟、施肥、播种、覆土、喷除草剂、铺滴

灌带、覆膜等一次性完成的一体机械,进行半精量播种。播前种子包衣处理,确保田间的保苗率和预防苗期病虫害;随播种施玉米长效缓控释肥 675 kg/hm^2 ,于两小垄中间开沟一次性深施 $12\sim 16\text{ cm}$,磷酸二铵 300 kg/hm^2 做口肥与种子同深错行 $3\sim 5\text{ cm}$ 施入。

(2)苗期管理

播种前3 d,在地头钵育备用苗,播种后7 d开始及时查看出苗情况,并及时定苗,发现缺苗,借掩留苗或移栽备用苗;灌水并施用“喷施宝”叶面肥1次,确保田间有效株数和每株的质量。

(3)营养生长期管理

拔节期、大喇叭口期分别灌水1次。大喇叭口期随滴灌滴入尿素 300 kg/hm^2 ;拔节期、大喇叭口期喷施“喷施宝”叶面肥2次,促进穗的发育和穗粒数的增加。定期、定时监测病情、虫情、实行病虫害统一预防和统一防治,在大喇叭口期利用投放赤眼蜂蜂卡或诱蛾器进行绿色防控玉米螟;同时对中后期病虫害进行化学药剂预防。

(4)生殖生长期管理(花粒期)

扬花吐丝初期、灌浆期分别灌水1次。灌浆初期随滴灌滴入尿素 300 kg/hm^2 。利用诱蛾器或化学药剂预防玉米螟。玉米扬花吐丝期,进行人工辅助授粉,防止秃尖和空秆,有效地提高田间结实率。

(5)收获期管理

根据天气预报及土壤墒情,早霜来临前一周浇透水防早霜,确保田间结实和充分成熟,待玉米完全生理成熟,收获。

3 结论与讨论

3.1 适宜的生态条件是玉米创高产的首要因素

辽宁省西部(辽西)气候干燥、光照充足,年降雨量 $300\sim 500\text{ mm}$,昼夜温差相对较大,生态条件为创高产奠定了基础。首先,充足的光照,加上人为控制的水肥供应,为光合作用形成产量提供了物质保障;其次,昼夜温差大有利于减少呼吸消耗,这种气候特点极有利于干物质的积累和子粒产量的提高。陈国平等^[9]的研究,我国大多数玉米高产田分布在较高纬度($40^\circ\sim 43^\circ\text{N}$),正确选择地区的生态条件是玉米创高产的首要因素。

3.2 优良的品种是创高产的决定性因素

研究发现,创高产品种要耐密植,至少不低于 $7.5\times 10^4\text{ 株/hm}^2$;茎秆坚韧,根系发达,抗倒性好;果穗均匀一致,穗粒重不低于 200 g 。辽单565品种的突出特点就是耐密植、高抗倒伏、出籽率高、果穗均匀整齐。因此,选择优良杂交种是创高产的决定性

因素。

3.3 肥沃的土壤和优良的耕层条件是创造高产的重要支撑条件

土壤肥力是影响产量的重要因素。多年来,在高产田块的选择上,原则上要求土壤有机质含量在2%以上,有效耕层深度 25 cm 以上, $0\sim 40\text{ cm}$ 土层土壤容重小于 1.3 g/cm^3 。具备这样的土壤条件有利于玉米根系的生长,便于肥水高效吸收利用。根据2014年的测定,建平县昌隆镇昌隆村高产田,土壤有效耕层深度 26.5 cm , $0\sim 40\text{ cm}$ 土层的土壤容重 1.23 g/cm^3 ,有机质含量2.05%,速效氮 88.6 mg/kg ,速效磷 22.2 mg/kg ,速效钾 289.9 mg/kg 。在这样的土壤条件下,施入优质农家肥(鸡粪肥) $45\ 000\text{ kg/hm}^2$,玉米长效缓控释肥 675 kg/hm^2 做底肥,二铵 300 kg/hm^2 做口肥,同时在玉米大喇叭口期及灌浆期随滴灌各滴入尿素 300 kg/hm^2 ,以满足根系营养的需要。通过合理的肥水运筹,利用优良品种,合理密植、灌溉和地膜覆盖等措施,实现了 $18\ 822.2\text{ kg/hm}^2$ 的产量水平。

3.4 完善配套的栽培技术措施是创高产的保障

精细的整地质量、优质的耕层是保证苗全、苗齐、苗壮的基础;充分发挥玉米边行优势的种植模式是实现高产的有效途径;应用促穗、促粒和促粒重的管理技术是实现增产的关键;科学的病虫害预防、肥水管理是实现高产的技术保障。32块高产田的创建经验证明,创建高产既要有适宜生态环境保证充足的光热资源,又要有肥沃的土壤提供良好的根际环境,还应该有良好的品种及与之配套栽培技术作为保障,同时还需要种子、肥、地膜等大量的生产资料投入及水、电、机械动力和人工投入等。玉米的增产潜力很大,有待进一步挖掘。

参考文献:

- [1] 郭庆法,王庆成,汪黎明,等. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.
- [2] 陈国平. 美国玉米生产及考察后的反思[J]. 作物杂志,1992(2):1-4. Chen G P. U.S. corn production and reflection after inspection[J]. Crops, 1992(2): 1-4. (in Chinese)
- [3] 刘志全,路立平,沈海波,等. 美国玉米高产竞赛简介[J]. 玉米科学,2004,12(4):110-113. Liu Z Q, Lu L P, Shen H B, et al. Introduction on America corn yield contest[J]. Journal of Maize Sciences, 2004, 12(4): 110-113. (in Chinese)
- [4] 孙世贤. 2002年美国玉米高产竞赛简况[J]. 玉米科学,2003,11(3):102. Sun S X. U.S. maize yield competition situation of 2002 in the U.S. [J]. Journal of Maize Sciences, 2003, 11(3): 102. (in Chinese)

(下转第135页)

- [6] Raun W R, Johnson G V. Improving nitrogen use efficiency for cereal production[J]. *Agronomy Journal*, 1999, 91: 357-363.
- [7] 朱兆良,张福锁. 主要农田生态系统氮素行为与氮肥高效利用的基础研究[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [8] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京:中国农业出版社,2000.
- [9] 杨永辉,武继承,梅雷,等. 施氮量对砂姜黑土玉米生长及水分利用效率的影响[J]. *河南农业科学*, 2013, 42(11):55-59.
Yang Y H, Wu J C, Mei L, et al. Effect of amount of nitrogen fertilizer on growth and water use of maize under Shajiang black soil[J]. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2013, 42(11): 55-59. (in Chinese)
- [10] 徐祥玉,张敏敏,翟丙年,等. 夏玉米氮效率基因型差异研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 2006, 12(4):495-499.
Xu X Y, Zhang M M, Zhai B N, et al. Genotypic variation in nitrogen use efficiency in summer maize[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2006, 12(4): 495-499. (in Chinese)
- [11] 王友华,许海涛,许波,等. 施用氮肥对玉米产量构成因素及其根系生长的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2010(3):55-57.
Wang Y H, Xu H T, Xu B, et al. Effect of N fertilizer application on yield components and root system growth of maize[J]. *Soil and Fertilizer Sciences in China*, 2010(3): 55-57. (in Chinese)
- [12] 郑洪兵,齐华,刘武仁,等. 不同施氮水平下郑单958和先玉335产量特征比较研究[J]. *玉米科学*, 2013, 21(5): 117-119, 126.
Zheng H B, Qi H, Liu W R, et al. Yield characteristics of ZD958 and XY335 under different N application rates[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2013, 21(5): 117-119, 126. (in Chinese)
- [13] Uhart S A, Andrade F H. Nitrogen deficiency in maize: Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set[J]. *Crop Sci.*, 1995, 35(5):1376-1383.
- [14] 何萍,金继运,林葆. 氮肥用量对春玉米叶片衰老的影响及其机理研究[J]. *中国农业科学*, 1998, 31(3):66-71.
- He P, Jin J Y, Lin B. Effect of N application rates on leaf senescence and its mechanism in spring maize[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1998, 31(3): 66-71. (in Chinese)
- [15] 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.
Zhang F S, Wang J Q, Zhang W F, et al. Nutrition use efficiencies of major cereal crops in China and measures for improvement[J]. *Acta Pedologica Sinica*. 2008, 45(5): 915-924. (in Chinese)
- [16] 侯云鹏,孔丽丽,秦裕波,等. 吉林省中部黑土区玉米氮肥效应研究[J]. *玉米科学*, 2012, 20(3):130-133, 138.
Hou Y P, Kong L L, Qin Y B, et al. Nitrogen fertilizer effect on black soil of the central region in Jilin province[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2012, 20(3): 130-133, 138. (in Chinese)
- [17] 高肖贤,张华芳,马文奇,等. 不同施氮量对夏玉米产量和氮素利用的影响[J]. *玉米科学*, 2014, 22(1):121-126, 131.
Gao X X, Zhang H F, Ma W Q, et al. Effects of nitrogen application rates on yield and nitrogen utilization of summer maize[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2014, 22(1): 121-126, 131. (in Chinese)
- [18] 江立庚,曹卫星,甘秀芹,等. 不同施氮水平对南方早稻氮素吸收利用及其产量和品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(4): 490-496.
Jiang L G, Cao W X, Gan X Q, et al. Nitrogen uptake and utilization under different nitrogen management and influence on grain yield and quality in rice[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(4): 490-496. (in Chinese)
- [19] 丁民伟,杜雄,刘梦星,等. 氮素运筹对夏玉米产量形成与氮素利用效果的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2010, 16(5): 1100-1107.
Ding M W, Du X, Liu M X, et al. Effects of nitrogen management modes on yield formation and nitrogen utilization efficiency of summer maize[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2010, 16(5): 1100-1107. (in Chinese)

(责任编辑:姜媛媛)

(上接第129页)

- [5] 陈国平,高聚林,赵明,等. 近年我国玉米超高产田的分布、产量构成及关键技术[J]. *作物学报*, 2012, 38(1):80-85.
Chen G P, Gao J L, Zhao M, et al. Distribution, yield structure, and key cultural techniques of maize superhigh yieldplots in recent years [J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(1): 80-85. (in Chinese)
- [6] 陈国平. 玉米栽培研究50年[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2005.
- [7] 李少昆,刘永红,等. 玉米高产高效栽培模式[M]. 北京:金盾出版

社,2011.

- [8] 李少昆,王崇桃. 玉米高产潜力·途径[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [9] 毕永彬,马成民. 玉米地膜覆盖的栽培技术[J]. *农村实用科技信息*, 2008(12):7.
Bi Y B, Ma C M. (in Chinese)
- [10] 李伯航,陈国平. 玉米高产理论与栽培技术[M]. 北京:农业出版社,1991.

(责任编辑:高阳)