

高肖贤, 张华芳, 米慧玲, 等. 河北省农户夏玉米产量差异及其制约因素分析[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(9): 68–72.

# 河北省农户夏玉米产量差异及其制约因素分析

高肖贤, 张华芳, 米慧玲, 马文奇, 魏 静

(河北农业大学资源与环境科学学院/河北省农田生态环境重点实验室, 河北保定 071000)

**摘要:**采用跟踪记载和样地实测的方式对河北省农户夏玉米产量的多个制约因素进行分析。结果表明, 不同农户间产量差异的主要原因是密度, 不同年度间主要原因为气象因素。玉米产量构成中千粒重与产量的相关系数最大, 密度对产量的直接影响最大, 协调好密度、穗粒数和粒重是夏玉米高产的关键。土壤性状方面, 土壤速效钾含量对产量的影响较大。拔节期后增加灌溉千粒重会增加 8.1%~10.2%、穗粒数会增加 39~46 粒/穗。农户现有的施肥量和种植品种对产量差异影响较小。8 月下旬至 9 中旬的阴雨天气会明显影响玉米灌浆, 降低粒重。

**关键词:**夏玉米; 产量差异; 制约因素

**中图分类号:** S513.04 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2013)09-0068-05

黄淮海平原是我国最大的夏玉米产区, 也是我国优质玉米产区, 每年玉米种植面积在 1 000 万  $\text{hm}^2$  左右, 约占全国种植面积的 35%; 年总产量 4 500 万 t, 总产量占全国玉米总产量的 40% 左右<sup>[1-2]</sup>, 发展夏玉米生产具有重要的战略意义。玉米有食用、饲用、工业用和药用等多种用途, 是中国主要粮食作物之一, 实现夏玉米高产乃至超高产(12 000  $\text{kg}/\text{hm}^2$ ), 提高玉米总产量对于中国粮食安全至关重要<sup>[3-4]</sup>, 然而夏玉

米产量受气候<sup>[5-7]</sup>、施肥<sup>[8-9]</sup>、土壤养分<sup>[10-11]</sup>、栽培管理<sup>[12-13]</sup>等多方面的制约和影响。当前夏玉米总产不高, 与农户间的产量差异有关, 因此寻找夏玉米生产过程中的限制因素, 实现农户间的均衡增产成为当前急需解决的问题。本研究以连续 3 年对农户的跟踪调查及测产数据进行分析, 探讨农户产量差异特点, 并研究各限制因素对夏玉米生长和产量的影响, 以期对河北省夏玉米高产提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区域位于河北省定州市, 地理位置为  $38^{\circ}14' \sim 38^{\circ}40' \text{N}$ ,  $114^{\circ}48' \sim 115^{\circ}15' \text{E}$ 。属温带—暖温带半湿润半干旱大陆性季风气候, 光热资源丰富。土地肥沃, 主要为沙壤土和轻壤土。年均气温  $12.4^{\circ}\text{C}$ , 年均降水量为 503.2 mm, 年日照时数 2 611.9 h, 无霜期 190 d。

收稿日期: 2013-02-26

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项(编号: 201103003)。

作者简介: 高肖贤(1988—), 女, 河北邢台人, 硕士研究生, 主要从事土壤生态及养分管理研究。Tel: (0312) 7528229; E-mail: gao375311749@163.com。

通信作者: 魏 静, 博士, 教授, 主要从事土壤生态及养分资源管理研究。E-mail: weijing\_199@163.com。

肥料随水流失, 后期易脱肥, 产量降低的风险较大, 尤其是在干旱气候和中低肥力土壤条件下减产十分明显<sup>[3]</sup>。然而一次性施肥具有减少劳动投入、提高生产效率的优势, 将缓释肥技术融入实际生产中, 为避免一次性施肥的不足提供有效的技术手段。玉米整个生育期持续吸收氮素, 拔节期至大喇叭口期、吐丝期至灌浆中期是 2 个氮素吸收的关键时期<sup>[4]</sup>。施用复合肥+尿素, 由于尿素是速效肥, 很易造成后期脱肥, 如果脱肥后再补施很易造成生长受挫, 势必影响生物产量<sup>[5]</sup>。施用缓释肥对田间出苗没有多大的影响, 各施肥处理玉米出苗率差异不大; 苗期至拔节期, 施用复合肥+尿素的株高和茎粗略高于缓释肥, 叶片数变化不大, 源于常规施肥施用的是速效肥, 需要了就补给, 但遇上不利于施肥的干旱气候, 大大影响了施肥效果与效益。到了吐丝期, 施用复合肥+尿素的株高和茎粗与缓释肥差异不明显, 叶片数也没太大的变化, 后期叶色一致。农民种植玉米主要是为了获得最大的经济产量和经济效益, 通过 2 年的试验可知, 施用缓释肥的产量比施用复合肥+尿素的高 7.62%~15.67%, 大大减少了施肥次数, 提高了经济效益, 且后期没有脱肥现象。

综上所述, 施用缓释肥的用工比常规施肥节约

45 个/ $\text{hm}^2$ , 产值增加幅度在 1 069.2~2 199.6 元/ $\text{hm}^2$  之间, 节约增效 70.8~2 320.5 元/ $\text{hm}^2$ 。说明缓释肥的施用提高了肥料利用率, 减少了盲目施肥造成的肥料浪费与环境污染, 保护了农业生态环境, 且较好地协调了玉米整个生育期的氮素养分供应, 生育后期仍能促进夏玉米对氮素的吸收利用, 有利于籽粒灌浆, 提高产量和氮肥利用效率, 简化施肥程序, 实现玉米简化、高产和高效栽培的目的。

## 参考文献:

- [1] 李宗新, 王庆成, 齐世军, 等. 控释肥对玉米高产的应用效应研究进展[J]. 华北农学报, 2007, 22(增刊): 127–130.
- [2] 侯云鹏, 谢桂贵, 尹彩侠, 等. 测土配方施肥对玉米产量及化肥利用率的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(18): 9452–9454.
- [3] 高 强, 李德忠, 汪娟娟, 等. 春玉米一次性施肥效果研究[J]. 玉米科学, 2007, 15(4): 125–128.
- [4] 王宜伦, 李潮海, 谭金芳, 等. 超高产夏玉米植株氮素积累特征及一次性施肥效果研究[J]. 中国农业科学, 2010, 43(15): 3151–3158.
- [5] 胡昌浩. 玉米栽培生理[M]. 北京: 中国农业出版社, 1995.

1.2 研究方法

本研究采用跟踪记载和样地实测相结合的方法。  
2009—2011 年对定州市留早镇有代表性的 3 个村庄共 59 户农户进行了跟踪调查(2009 年样本数量为 23 个农户, 2010 年开始增加样本量为 59 个农户;在 3 个村庄的东、西、南、北不同地理位置选取 4~6 户有代表性的地块),其中有有效农户数 42 个。按时记载农户农事活动,包括种植品种、播期、播量、肥料种类、肥料用量、灌溉次数等。

样地实测:在玉米收获期每个农户选取 3 个 15 m<sup>2</sup> 测定其收获密度及产量,并随机取回 10 穗玉米,测定千粒重与穗粒数等。

土壤养分:播前测定土壤全氮、土壤速效磷、速效钾和有机质,土壤养分测定方法参照《土壤农化分析》<sup>[14]</sup>。

气象数据资料为从当地气象站购买的气象资料。  
1.3 高产农户与低产农户定义<sup>[15]</sup>  
高产农户:比平均产量高 10% 的农户。  
低产农户:比平均产量低 10% 的农户。

1.4 数据分析

使用 Excel 2003 进行数据处理和通径分析,使用 SPSS statistics 17.0 进行数据分析。

2 结果与分析

2.1 产量与产量构成要素间的相互关系

从表 1 可知,各产量结构与产量的相关性依次为千粒重、穗粒数和密度。通径分析结果表明,密度对产量的直接正效应最大,其次为穗粒数和千粒重。但密度通过千粒重和穗粒数对产量的总间接效应为负。密度通过穗粒数对产量的间接负效应最大,为 -0.262 3。密度与穗粒数和千粒重均呈负相关(相关系数为 -0.382 9 和 -0.099 2),表明密度越大,穗粒数就越少,粒重也越轻。千粒重对产量的直接效应为正,总间接效应也为正,但其通过密度对产量起负间接效应。由表 2 可知,2009 年、2010 年密度为 6.75 万~7.5 万株/hm<sup>2</sup>,2011 年密度>7.5 万株/hm<sup>2</sup> 时,产量最高。这说明并不是密度越高产量就越高,因此在实际种植中应选择千粒重与穗粒数比

表 1 夏玉米产量与产量结构的相关系数与通径分析

要素	相关系数	直接通径系数	间接通径系数			总间接通径系数
			千粒重	密度	穗粒数	
千粒重	0.584 9	0.469 2		-0.076 8	0.192 4	0.115 7
密度	0.465 3	0.774 1	-0.046 5		-0.262 3	-0.308 8
穗粒数	0.520 3	0.684 9	0.131 8	-0.296 5		-0.164 6

例协调、较为耐密的品种,是保证高产的重要方法。

2.2 气象因素对产量的影响

由表 3 可以看出,7 月下旬至 8 月上旬 2010 年平均气温为 58.1℃,明显高于 2009 年(52.8℃)和 2011 年(53.7℃),造成玉米植株,植株过高。8 月下旬至 9 月中旬累计降雨量多于另外两年,不利于夏玉米的开花和果穗形成;且在 9 月份又有几次大风天气,造成部分农户玉米倒伏,影响玉米灌浆,导致粒重减轻,减产严重。2009 年 8—9 月份平均气温和日照时长高于 2011 年,有利于籽粒灌浆,增加粒重。在玉米生长过程中,生态因子决定着玉米的生长发育和产量形成。玉米产量的高低主要取决于气象因素,特别是 8—9 月份的气候条件。

表 2 不同密度水平的夏玉米产量与产量结构

年份	密度范围 (万株/hm <sup>2</sup> )	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	平均密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒/穗)	千粒重 (g)
2009	<6.0	8.9	5.7	577	292.6
	6.0~6.8	9.9	6.5	511	302.4
	6.8~7.5	10.4	7.1	523	282.2
	>7.5	9.2	7.9	426	272.9
2010	<6.0	7.1	5.5	472	276.0
	6.0~6.8	7.5	6.3	540	262.0
	6.8~7.5	7.7	7.0	506	245.0
	>7.5	6.7	8.4	590	237.0
2011	<6.0	8.1	5.6	578	249.5
	6.0~6.8	8.3	6.3	535	245.8
	6.8~7.5	9.1	7.1	515	249.1
	>7.5	9.7	7.8	512	244.7

表 3 2009—2011 年光温水变化趋势

月份	平均气温(℃)			降雨量(mm)			日照时长(h)		
	2009 年	2010 年	2011 年	2009 年	2010 年	2011 年	2009 年	2010 年	2011 年
6 月中旬	25.8	25.3	26.3	28.4	25.0	9.5	85.0	64.5	85.8
6 月下旬	30.2	27.6	26.2	1.3	0.1	44.7	110.2	46.5	58.9
7 月上旬	29.2	29.5	27.7	19.7	23.6	9.3	94.1	62.3	67.5
7 月中旬	27.4	26.7	26.1	74.6	17.4	33.8	63.7	36.8	31.7
7 月下旬	26.7	31.0	27.4	52.6	0.9	105.7	59.6	76.0	54.3
8 月上旬	26.2	27.1	26.3	31.4	19.4	1.4	50.4	50.5	61.2
8 月中旬	27.2	26.3	25.4	73.6	91.4	105.3	73.8	49.5	28.6
8 月下旬	22.7	24.7	23.6	32.0	42.7	9.3	59.0	77.5	50.9
9 月上旬	20.7	24.0	20.8	27.7	17.5	31.1	29.5	47.6	59.4
9 月中旬	20.9	22.4	17.0	16.4	23.3	12.1	73.2	46.4	39.0
9 月下旬	20.4	16.6	16.9	0.6	26.9	0.0	47.8	75.7	71.4

2.3 品种对产量的影响

以农民习惯常播品种将调查农户所选用的品种分为 4

类。由表 4 可知,调查区农户连续 3 年将郑单 958 与浚单 20 混播产量最高,分别比其他品种平均产量高 17.9%、6.3%、

6.8%。由于不同玉米品种混播可增强群体的综合抗性稳定性且异花授粉率更高,当代杂种优势明显,当代籽粒粒重增加且品质发生变化。对产量进行单因素方差分析,结果表明各品种之间的产量无显著性差异( $P>0.05$ ),说明在该调查区内品种差异不是造成产量差异的主要原因。

表 4 2009—2011 年农民习惯种植玉米品种产量

年份	产量(t/hm <sup>2</sup> )				P
	郑单 958	郑单 958、 浚单 20 混播	京单 28	其他	
2009	9.7	11.1	9.1	8.9	0.215 5
2010	7.8	8.5	8.4	8.1	0.679 7
2011	8.7	9.4	8.9	8.8	0.836 4

2.4 土壤理化性质对产量的影响

大瓦房村跟踪农户 3 年的产量结果表明(图 1),不同的地理位置产量差异趋势一致。即位于大瓦房村西边的产量最高,北边的产量最低。该地区土壤质地均为壤土,西边和南边土壤下层土壤偏黏,有利于保水保肥。由土壤养分含量的差异(表 5)发现,产量高的地块土壤速效钾和全氮含量也高,各地理位置的产量和土壤速效钾和全氮含量变化趋势一致;土壤速效磷、有机质含量对产量影响不大。

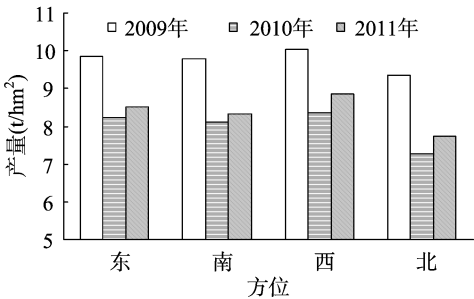


图 1 不同地理位置的玉米产量

表 5 不同地理位置土壤养分含量差异

地理位置	速效钾 (mg/kg)	全氮 (g/kg)	速效磷 (mg/kg)	有机质 (g/kg)
东	92.4	1.0	13.2	11.0
南	79.6	0.9	16.3	16.0
西	103.5	1.0	13.4	15.5
北	75.2	0.9	12.2	13.3

2.5 栽培管理技术对产量的影响

2.5.1 播期对产量的影响 夏玉米播期与产量的关系(图 2)表明,适时播种可获得较高产量。夏玉米过早和过晚播种产量都会降低。2009 年夏玉米播期主要集中在 6 月 13—15 日,产量为 10.1 t/hm<sup>2</sup>,比其余时间播种增产 14.8%,2010 年夏玉米播期主要集中在 6 月 19—24 日,产量为 8.1 t/hm<sup>2</sup>,比其余时间播种增产 12.5%,2011 年夏玉米播期主要集中在 6 月 19—23 日产量为 9.2 t/hm<sup>2</sup>,比其余时间播种增产 10.8%。因此保证合适的播期是夏玉米高产的关键。河北省水热资源有限,因此要在收获冬小麦后及时抢播夏玉米,保证夏玉米足够的水热资源。

2.5.2 施肥对产量的影响 表 6 为 2009—2011 年夏玉米农户习惯施肥量概况。2009 年农户平均施 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别为 103.7、74.2、66.8 kg/hm<sup>2</sup>。2010 年 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 用量较 2009

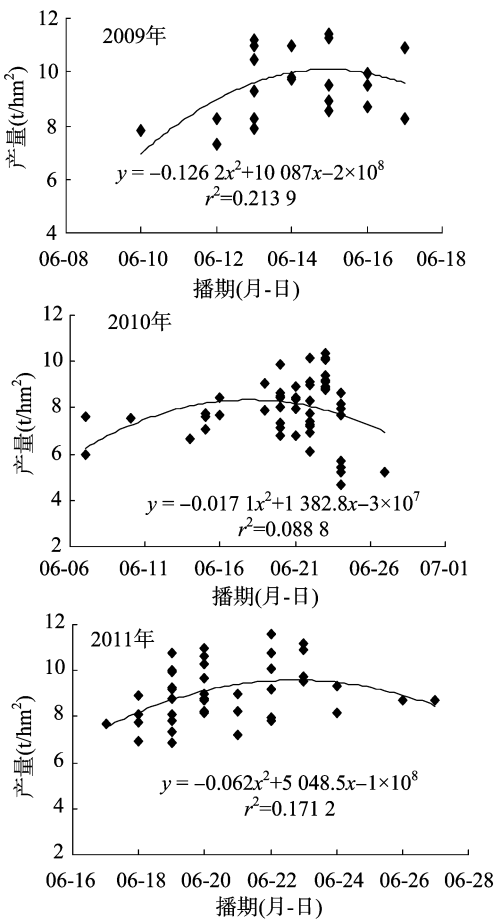


图 2 播期与产量的关系

年分别增加 75.1、4.1 kg/hm<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O 用量较 2009 年降低了 4.8 kg/hm<sup>2</sup>。2011 年 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 用量较 2010 年分别下降 4.7、3.0 kg/hm<sup>2</sup>。农户在 3 年中氮肥用量有很大增加,磷肥和钾肥则变化不大。调查表明农户大数喜欢用高氮型复合肥并且习惯一次性随种施肥,整个生育期不再追肥,后期追肥的农户仅占 40% 左右。且后期追肥的农户大多撒施或随水冲施,养分得不到充分利用,极大限制了肥料养分的利用效率。农户习惯施肥量与产量关系的相关系数表明,夏玉米产量与农户施用氮、磷、钾量不存在直接线性关系。表明在现有的施肥条件下,施肥量不是导致农户间产量差异的主要原因。

对后期追肥与只施一次底肥的农户产量分析发现夏玉米产量随后期追肥而有较小的增加,增幅为 306.1 kg/hm<sup>2</sup>。方差分析结果( $P=0.081 3>0.05$ )表明在当前施肥量情况下,追肥可使产量有小幅增加,但不是增产的主要原因。

2.5.3 灌溉对产量的影响 调查结果显示大部分农户只在玉米播后灌溉 1 次,只有 35% 的农户会在玉米拔节期后再次灌溉。与只灌溉 1 次的农户相比,灌溉 2 次的农户的产量比只灌溉 1 次的农户产量增加 5%~11%,穗粒数分别增加 41、39、46 粒/穗,千粒重分别增加 27.5、26.3、21.1 g(如表 7 所示)。表明玉米的产量会受灌溉的影响,其中苗期的灌溉是保证高产的关键,抽穗期增加灌溉对夏玉米果穗的形成即形成穗粒数和增加千粒重有明显效果。

2.6 农户产量差异分析

2.6.1 不同农户产量差异分析 由表 8 可以看出,农户产量

表 6 2009—2011 年夏玉米农户习惯施肥量

kg/hm<sup>2</sup>

参数	2009 年			2010 年			2011 年		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
最小值	50.6	40.5	40.5	45.0	0	0	45.0	12.0	10.8
最大值	208.5	115.5	94.5	506.3	240	148.5	486.0	217.8	114.8
平均值	103.7	74.2	66.8	178.9	78.2	62.0	174.2	75.2	60.6
差值	157.9	75.0	54	461.3	240.0	148.5	441.0	205.8	104.0
r	0.017 3	0.200 5	0.022 4	0.062 4	0.362 1	0.020 0	0.184 7	0.078 1	0.065 6

3 年间的变异系数为 14% ~ 18%。平均产量以 2009 年最高, 其次为 2011 年, 2010 年最低。2010 年产量变异最大, 因为部分农田发生倒伏。产量构成要素中 2009 年和 2011 年密度相近, 2010 年农户种植密度较 2009、2011 年均有所差异。3 年中密度的变异系数最大, 其对产量的影响也是最大的, 穗粒数和千粒重的影响小于密度对产量的影响。

表 7 农户灌溉次数对产量及构成要素的影响

年份	灌溉次数	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒/穗)	样本数
2009	1	9.8	270.8	6.9	498	17
	2	10.3	298.3	6.9	539 *	3
2010	1	7.9	256.6	6.5	471	27
	2	8.8 *	282.9 *	6.7	510 *	15
2011	1	8.9	260.5	6.7	503	28
	2	9.8	281.6 *	7.1	549 *	14

注: “\*”表示在 0.05 水平下 2 次灌溉间差异显著。

2.6.2 不同年度同一农户产量差异分析 由图 3 可知, 同一农户的产量 2011 年与 2009 年相比变幅较小, 大部分农户 2010 年产量明显降低。同一农户 3 年主栽品种、收获密度、生育后期追肥、灌溉次数和施肥量几乎无变化。2010 年在夏玉米生育期(表 3), 尤其是吐丝 - 成熟期, 平均气温和日照时长大体相似, 但降雨量为 221.2 mm, 明显多于 2009 年和 2011 年, 影响其灌浆, 最终导致产量降低; 而 2009 年和 2011 年各气象因素大体相近, 其产量差异不大。主成分分析结果表明气象因素对产量的贡献值为 26.9%, 为最大, 因此不同年度

表 8 2009—2011 年农户产量及产量构成要素差异

年份	参数	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒)	千粒重 (g)
2009	最小值	7.3	5.5	378	222.2
	最大值	13.1	8.0	644	379.7
	平均值	9.6	6.9	496	287.4
	变异系数	15%	12%	14%	12%
2010	最小值	4.5	4.8	362	180.3
	最大值	11.1	9.6	632	373.4
	平均值	8.0	6.4	483	261.8
	变异系数	18%	14%	11%	13%
2011	最小值	6.2	5.3	383	205.5
	最大值	11.6	8.4	658	288.3
	平均值	8.9	6.8	529	246.9
	变异系数	14%	11%	10%	7%

间影响同一农户产量的主要限制因素为气象因素。

2.6.3 高产农户与低产农户产量差异分析 通过对 42 个农户进行跟踪调查, 连续 3 年都高产的农户有 7 户, 占 17%, 连续 3 年都低产的农户有 6 户, 占 14%。而其余农户在不同年份中则表现出或高或低的产量, 农户的产量稳定性较差。通过对 7 个高产农户和 6 个低产农户的播种及管理措施分析发现(表 9): 品种方面, 郑单 958 及混播产量较高, 在密度、穗粒数、千粒重方面: 高产农户比低产农户的密度 3 年分别增加 4%、15%、18%, 穗粒数分别增加 72、27、85 粒/穗, 千粒重分别增加 15.5%、2.2%、9.5%。可见在选对适宜品种、较高密度前提下, 协调密度、穗粒数和千粒重更为重要。

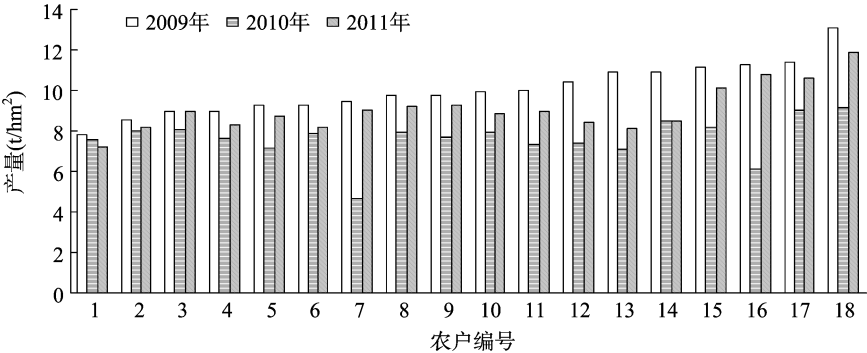


图3 2009—2011年18户农户玉米产量

3 讨论与结论

黄淮海平原夏玉米潜力产量为 17.1 t/hm<sup>2</sup> 左右<sup>[16]</sup>。本研究区域农户平均产量为 9.1 t/hm<sup>2</sup>, 产量之间的变异系数为 15% ~ 18%。陈国平等通过对 2008 年高产田的调查研究发

现, 高产田的产量取决于穗粒数和穗粒重, 而增加穗粒数是提高穗粒重的关键<sup>[17]</sup>。本研究结果表明夏玉米产量与千粒重的相关程度最大, 但密度对产量的直接影响要大于其他 2 个因素, 且密度在 7.5 万株/hm<sup>2</sup> 左右时可达最高产量。因此, 在实际种植中应选择千粒重与穗粒数比例协调, 较为耐密的

表 9 2009—2011 年高产农户与低产农户栽培管理因素对比

年份	农户	产量 (t/hm <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒/穗)	密度 (万株/hm <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	品种	施氮量 (kg/hm <sup>2</sup> )	施磷量 (kg/hm <sup>2</sup> )	施钾量 (kg/hm <sup>2</sup> )	样本数
2009	高产农户	11.3 *	537	6.6	320.0 *	郑单 958	101.0	84.9	62.3	3
	低产农户	8.0	465	6.3	277.0	京单 28	81.0	81.0	81.0	2
2010	高产农户	8.7 *	487	7.0	258.7	郑单 958, 郑单 958、浚单 20 混播	181.4	52.7	50.7	7
	低产农户	6.4	460	5.9	253.2	郑单 958, 京单 28	171.8	62.5	57.5	6
2011	高产农户	10.9 *	576 *	7.3	262.4 *	郑单 958, 郑单 958、浚单 20 混播	168.0	72.2	44.1	7
	低产农户	7.4	491	6.3	239.5	郑单 958, 京单 28	178.5	74.0	54.0	6

注: \* 表示在 0.05 水平下农户间差异显著。

品种,是保证高产的重要方法。

夏玉米产量年度间的差异主要受气象因素的影响,增加生育期内积温和日照时数对夏玉米增产有显著作用,吐丝—灌浆期阴雨天气会导致夏玉米灌浆不良而影响产量。调查区多种植郑单 958、浚单 20、京单 28 等高产品种,且播种时间大部分都在适宜期内,因此品种和播种对本区域产量影响不大。河北省光热资源有限,应在麦收后力争适时早播并适当晚收以增加生育期积温和日照时数,为提高产量提供有利的气象条件。

玉米是需钾较多的作物,也是对钾较敏感的作物<sup>[18]</sup>。本研究表明,在土壤速效钾和全氮含量高的地块夏玉米的产量要高于其他地块。农户可依据土壤的理化性质适当地增施钾肥。当前在玉米生产上存在施肥不合理现象:一是品种单一,只注重氮肥,忽视磷钾肥;二是施肥时期仍沿用过去中低产水平的“一炮轰”传统施肥法。本研究表明,在现有施肥水平下,施肥量对农户产量没有太大影响,农户可以在降低成本的情况下考虑适当降低施肥量,并分次施用氮肥,提高肥料利用率和经济效益。

严重的水分胁迫影响玉米产量形成的关键是孕穗期,因为该期干旱导致雄穗严重败育<sup>[19]</sup>。Grant 等认为玉米抽丝后 7 d 干旱,穗粒数减少 45%,12~16 d 干旱,粒重减少 51%<sup>[20]</sup>。本研究表明在苗期和吐丝期灌溉 2 次的产量要明显高于只在苗期灌溉 1 次的产量,且穗粒数和千粒重也高于只灌溉 1 次的。

对研究区 50 多户农户调查发现,95% 以上的农户在收获小麦后,直接贴茬直播的同时将肥料一次性施入,致使玉米的出苗率和植株整齐度大幅度降低,使得 50% 以上的地块存在不同程度的缺苗,导致有效密度降低,而密度是决定产量的一个重要因素。因此,我们以后还应加强整地播种及出苗质量对产量影响的研究。

参考文献:

[1] 岳德荣. 中国玉米品质区划及产业布局[M]. 北京:中国农业出版社,2004.

[2] 山东省农业科学院. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004.

[3] 郭庆法,王庆成,汪黎明. 中国玉米栽培学[M]. 上海:上海科学技术出版社,2004:1-31.

[4] 李少昆. 当前玉米生产中存在的主要问题与对策[J]. 中国农业信息,2008(6):37-38.

[5] 段鹏飞,刘天学,赵春玲,等. 气象因子对河南省夏玉米产量与品质的影响[J]. 核农学报,2011,25(2):353-357,396.

[6] 肖荷霞,陈建忠,李桂荣,等. 黑龙江地区夏播早熟玉米区气候资源研究——以河北省沧州市为例[J]. 中国生态农业学报,2010(4):91-93.

[7] 李潮海,苏新宏,谢瑞芝,等. 超高产栽培条件下夏玉米产量与气候生态条件关系研究[J]. 中国农业科学,2001,34(3):311-316.

[8] 杨国航,陈国平,王荣焕,等. 不同氮肥和密度水平对京单 28 产量效应的研究[J]. 玉米科学,2008,16(4):176-178.

[9] 王宜伦,李潮海,何 萍,等. 超高产夏玉米养分限制因子及养分吸收规律研究[J]. 植物营养与肥料学报,2010,16(3):559-566.

[10] 王宜伦,苗玉红,韩燕来,等. 高产夏玉米土壤养分限制因子研究[J]. 江西农业学报,2010,22(1):23-26.

[11] 冯自军,王素华,张树明,等. 河北省唐山地区春玉米产量的土壤养分限制因子研究[J]. 中国农学通报,2009,25(23):291-294.

[12] 黄绍敏,杨先明,皇甫湘荣,等. 不同栽培因子对河南玉米产量的影响程度[J]. 玉米科学,2006,14(3):116-119.

[13] Subedi K D, Ma B L. Assessment of some major yield-limiting factors on maize production in a humid temperate environment[J]. Field Crops Research,2009(110):21-26.

[14] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2007:105-107.

[15] 徐振华. 区域粮食作物产量,养分效率 and 经济效益的关系及调控途经研究[D]. 保定:河北农业大学,2011.

[16] 刘洪军. 黄淮海地区夏玉米生产潜力的变化及影响因素分析[D]. 泰安:山东农业大学,2009.

[17] 陈国平,王荣焕,赵久然. 玉米高产田的产量结构模式及关键因素分析[J]. 玉米科学,2009,17(4):89-93.

[18] 夏爱萍. 河北平原冬小麦—夏玉米两熟生产的限制因素研究[D]. 保定:河北农业大学,2006:1-46.

[19] 刘素玲. 生态因子对玉米产量构成因素的影响分析[J]. 陕西农业科学,2007(4):43-44.

[20] Grant R F, Jackson B S, Kiniry J R, et al. Water deficit timing effects on yield components in maize[J]. Agronomy Journal,1989,81(1):61-65.