

夏玉米需肥规律的研究

傅应春

陈国平

(北京师范大学生物系)

(北京市农科院作物所)

提 要

1978~1980年在三种地力水平下对两个早熟单交种玉米的研究结果表明, 麦茬夏玉米干物质积累和对氮、磷、钾吸收的进程, 同春播玉米及套种玉米大体上相似。最大的差别是, 夏玉米出苗后就进入高温多雨的季节, 前期生育快, 干物质积累及养分的吸收量都大大超过春玉米和套种玉米, 故氮肥应该早施、重施。

掌握玉米的需肥规律, 是正确制订施肥技术的重要依据。在这方面, 各国学者先后进行了大量的研究工作〔1〕〔2〕〔5〕〔7〕〔8〕〔9〕。最近, Arnon〔6〕又在《玉米的矿质营养》一书中, 对世界各国的研究资料进行了较全面的综述。但是, 所有这些研究几乎全部以春玉米为材料, 试验结果未必适用于套种玉米和夏玉米。

国内有关玉米需肥规律的研究为数甚少, 最早的工作, 是山东第一农事试验场(1933)〔1〕对春、夏玉米吸肥量的研究。可惜产量水平太低, 很难适应当前玉米生产的需求。为了弄清夏玉米的需肥规律, 1978~1979年我们与北京市房山县农科所协作, 在三种地力水平下对两种品种进行了系统的研究。

材 料 与 方 法

本试验分别在北京市农科院作物所、北京师范大学和房山县农科所的试验场进行。试验地基本情况列于表1。

试验中采用京郊推广的两个单交种: 京早七号平均22片叶, 生育期95~100天, 中

表1 试验地基本情况

试验地	年份	品 种	收获株数 (株/亩)	产量(斤/亩)	土 质	有机质%	全 氮 %	速效磷 (ppm)	速效钾 (ppm)
高 肥 (市农科院)	1978	京早七号	3800	800.0	轻 壤	1.6—2.0	0.15—2	20	40—60
	1979	京黄113	3700	828.8					
中 肥 房山农科所	1978	京早七号	3400	700.0	砂 壤	0.1—0.12	0.1—0.12	15	35
	1979	京黄113	3400	693.0					
低 肥 北京师院	1978	京早七号	3000	500.0	砂 壤	0.5—0.8	0.08	10	30
	1979	京黄113	3000	413.0					

●本文承蒙北京农大郑丕尧教授审改, 王瑛、陈冲、高素媛等同志参加部分工作, 崔琴英等同志协助化学分析, 在此一并致谢。

上部叶片倾向直立，双穗性强；京黄113具有17~18片叶，生育期90~95天，叶片平伸，是单穗型的品种。

试验地在6月22~24日播种，9月下旬至10月初收获。每亩共追硫酸铵80斤（6叶展50斤，12叶展30斤），未施底肥，其它管理同生产大田。

从三叶期开始，每隔7天取样一次，关键生育期加测，每次5~10株。样品按叶片、叶鞘、茎秆、雄穗和雌穗等部位分开，在80℃下烘干后称重。化学分析时，氮用微量凯氏法，磷用钼蓝比色法，钾用火焰光度计分析法。

结果及分析

一、干物质积累

同其它栽培类型的玉米一样，夏玉米干物质积累进程也表现出前期慢，中期快，后期又转慢的特点。但是，由于夏玉米出苗后即处于七、八月份高温多雨的环境，生长速度快，干物质积累的强度大；授粉后正值夏末秋初季节，气候稳定，光照充足，昼暖夜凉，叶片不易早衰，光合效率高，干物质积累的时间也较春玉米延长（见图1）。

从播种至三叶期的14天中，单株日增重仅0.01~0.04克。一旦开始拔节，干物质积累就显著加快，单株日增重由开始的0.34~0.76克，一直提高到抽丝期的8.74~12.14克。在受精后12~14天的籽粒形成期内，干重的增加相对缓慢。在籽粒乳熟期，单株干重的增加又转快，平均单株日增重为5.59~6.4克。这一期间籽粒干重一直急速增加，而其它器官的干重由于贮藏养料的转运而有所下降。从蜡熟直到生理成熟阶段，夏玉米的干物质积累仍维持相当的水平而没有明显的停顿现象，延长灌浆期有利于充分发挥籽粒的生产潜力。

纵观全生育期，夏玉米干物质的积累及利用可分为两个阶段：从出苗至抽丝，叶片的干物质积累仅占最后地上部总干重的40%，主要用于营养器官的建成；从抽丝至成熟，时间仅占全生育期的一半，而积累的干物质却占最后总干重的60%，而且绝大部分用于籽粒的形成。因此，加强后期田间管理，尽量延长籽粒灌浆时间，对于提高生物学产量及经济系数有极其重要的意义。

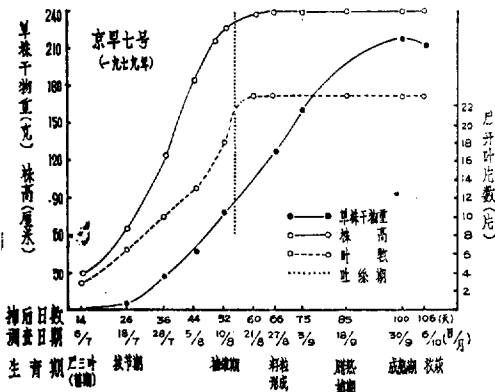


图1 夏玉米生育概况

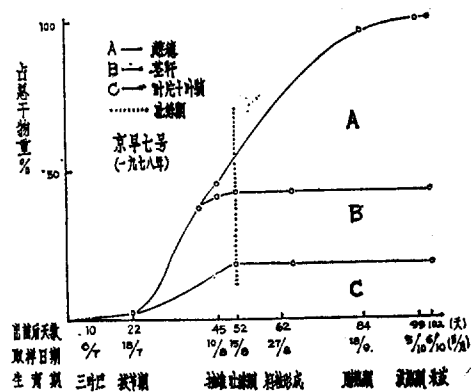


图2 夏玉米不同器官干物重动态

二、氮素的吸收动态

夏玉米吸氮的速度和数量，因品种、生育期及栽培条件的不同而有很大差异。

从表2看出，三叶展开以前吸氮甚少，每天每亩仅0.04~0.07斤，占最后总吸收量的1~3%。拔节后吸收显著加快，抽丝期前后达最高峰，日吸收速度为0.5斤/亩，累计吸收量达12~14斤/亩，占全生育期的58~64%；至籽粒形成期，亩吸氮量达14~17.6

表2 夏玉米不同品种间植株体内氮素(N)累积平均值

品种	项目	生育阶段							全生育期 累积总量
		三叶展 7月5日	苗期至 拔节期 7月5—17日	拔节期至 13叶展 7月17—31日	13叶展至 吐丝初期 7月31—8 月11日	吐丝期 至籽粒 形成期 8月11 —25日	籽粒形至 成蜡熟期 8月25—9 月15日	蜡熟期至 成熟期 9月15 —27日	
京 早 七 号	累积量(斤/亩)	0.8	2.5	7.4	12.7	17.6	18.9	20.4	20.4
	累积速度(斤/亩·天)	0.07	0.17	0.35	0.48	0.35	0.21	0.21	0.21
	累积百分率(%)	2.7	8.5	31.3	58.0	82.0	92.0	100	100
京 黄 113	累积量(斤/亩)	0.4	1.9	6.4	12.0	14.0	18.2	18.2	18.2
	累积速度(斤/亩·天)	0.04	0.16	0.32	0.50	0.30	0.27	/	0.20
	累积百分率(%)	1.0	8.0	32.8	64.0	65.8	96.0	100	100

斤，占全生育期的70~80%。只是到乳熟期才出现相对稳定的吸收高峰(见图3)。

氮的吸收同干物质的转运密切相关。吐丝期随着茎叶内养料集中向雌穗转运，出现了吸氮的相对稳定期。但到了籽粒充实阶段，吸氮曲线又有回升，并出现了第二个高峰。

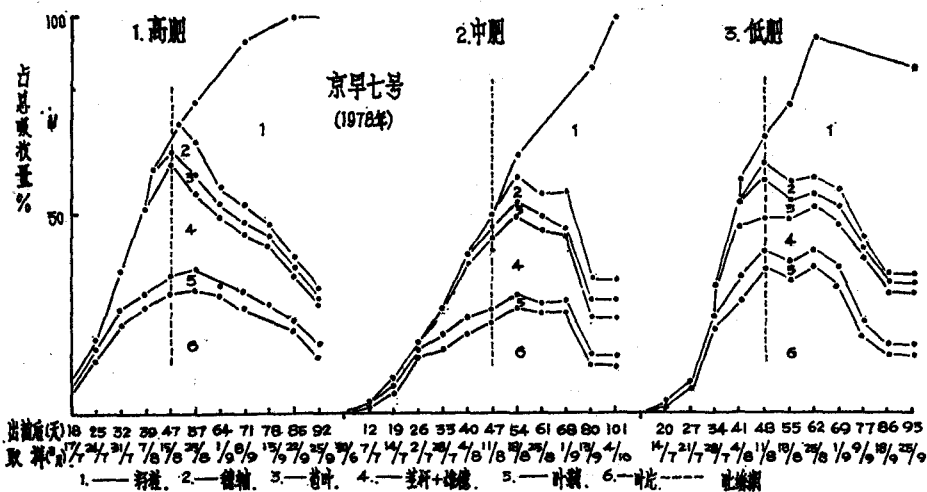


图3 夏玉米不同器官氮素分配动态

不同地力水平对氮的吸收量有很大影响(见表3)，总的趋势是总吸氮量随产量水平的提高而增加。两个品种平均，高、中、低三种地力水平下氮的亩总吸收量分别为24.2、21.9和19.3斤。而且还可以看出，高肥地上植株含氮水平持续的时间较长，从拔节一直延续到蜡熟期才停止。而低肥地块由于土壤供氮不足，开花后叶片很快就出现缺肥早衰，吸氮高峰期只能维持到籽粒形成期，即比高肥地提早20天结果。可见，这类土壤补施粒肥对提高干粒重有很大意义。

从表3还可看出,不论在何种肥力水平下,京早七号的产量总是高于京黄113,前者比后者从土壤中吸收了较多的氮素。说明生产上对高产品种需要施用更多的氮素。

表3 夏玉米在不同地力水平植株体内氮素吸收量(斤/亩) (1978~1979)

地力水平	品种	生育阶段						吸收量	
		苗期至拔节期 7月5日-17日	拔节期至13叶展 7月17日-31日	13叶展至吐丝期 7月31日-8月11日	吐丝期至籽粒形成 8月11日-25日	籽粒形成至蜡熟期 8月25日-9月15日	蜡熟期至成熟期 9月15日-27日	总量	平均
I 高肥 (市农科院)	京早七号	1.8	5.8	5.6	5.3	5.0	2.4	25.9	24.2
	京黄113	1.4	5.4	4.7	2.3	5.9	2.8	22.5	
II 中肥 房山县农科所	京早七号	2.0	4.0	5.0	4.4	4.8	2.4	22.6	21.9
	京黄113	2.0	5.2	5.3	2.0	4.1	2.4	21.1	
III 低肥 (北京师院)	京早七号	1.4	3.8	5.4	5.0	4.2	2.0	21.8	19.3
	京黄113	1.0	4.6	5.1	2.0	2.0	2.0	16.7	

抽雄至吐丝20天前,是叶片和茎秆吸氮最多的时期,这时叶片氮占地上部总含氮量的47%左右,茎秆氮占42%左右。营养生长结束后,叶片和茎秆内的氮素明显地向生殖器官转移,并且一直持续到蜡熟期。雌穗各部位氮的分配随抽丝期的延后而变动。抽丝后一周,系以苞叶→穗柄→穗轴→籽粒的顺序供氮,以穗轴氮的增长最快,极大值出现在籽粒形成期。抽丝后第二周,系以穗柄→苞叶→穗轴→籽粒的顺序供氮,其中以籽粒氮增加最快,平均每穗日增0.95克,极大值出现在蜡熟期。

从各器官绝对含氮量看,氮在植株内的分布是:叶片>茎秆>叶鞘>苞叶>穗轴>穗柄>雄穗,最后集中供于籽粒。这与正常的器官建成和养分运输顺序略有差别。

不同器官对籽粒氮素的贡献差异很大,总趋势是叶子和茎秆的贡献最大,苞叶和穗轴贡献较小。但是,在北京夏播条件下,京早七号茎秆对籽粒氮素的相对贡献,比美国Hanway、Garles等人在春玉米上获得的数值要大得多,详见表4。

表4 不同器官供应籽粒氮素的相对贡献(占地上部总量%)

部 位	京早七号		
	北 京 (1978年)	美Hanway等人 (1953年)*	美Garles等人 (1957)*
叶 片	41	60	58
叶 鞘	6		
苞 叶	44	26	19
茎 秆	5	12	11
穗 轴	4	2	12

* (春玉米材料来自《I. Arnon (1976) MinVal Nutrition of Maize》PP153)

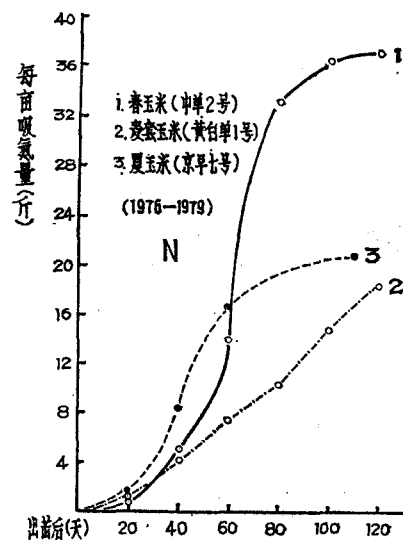


图4 不同玉米类型氮素吸收动态

不同玉米栽培类型的氮素累积动态，受单株干物质的累积动态所制约；在不同的生态条件下，其养分的吸收速度与分配量也有明显的差异（图4）。春玉米、苗期温度较低，套种玉米苗期受欺，氮素吸收较慢。夏玉米处于高温多雨的季节，氮素吸收在整个生育期都处于绝对优势，但因生育期短吸收总量仍低于春玉米。

三、磷素 (P₂O₅) 吸收动态

磷素的吸收在整个生育期内持续进行。夏玉米品种间在不同生育阶段的吸磷速度和数量存在着较大差异。幼苗期，磷素的吸收量为0.1~0.2斤/亩，只占全生育期总量的1%左右，但相对含磷量很高，这正是玉米需磷的敏感期。磷素吸收高峰出现在抽雄吐丝期，其吸收速率在0.2~0.3斤/亩·天，累积吸收率已达到38.8~46.7%。

磷素吸收量很大程度上取决于土壤供氮、供磷状况。试验表明，苗期日平均吸收速率为0.04%，吐丝期为0.2%，籽粒形成期为0.27%，极大值出现在乳熟期至蜡熟期之间，成熟期吸收速率降到0.1%，全生育期吸磷总量在8.0~12.0斤/亩。低肥地块供氮不足，磷素含量也较低，磷素吸收量只有高肥地块的一半左右（图5）。

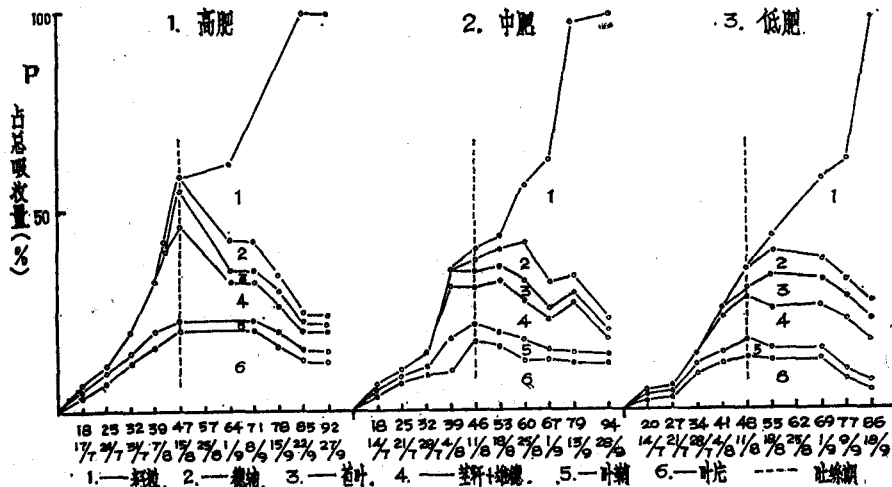


图5 夏玉米不同器官磷素分配动态

磷素在不同器官内的分配与氮相似，只是变幅较小。叶片磷高峰出现在吐丝前后，茎秆磷在吐丝期和蜡熟初期出现两次高峰，以籽粒磷含量最高，这与Hanway、(日)石塚喜明等人的试验结果一致。磷素在植株内分配顺序大致是：叶片>茎秆>叶鞘>雄穗>苞叶>穗轴>雌穗柄→最后转运至籽粒。成熟期，籽粒磷占植株总磷量的76%，约在4/5左右。就不同器官供应籽粒磷的相对贡献而言，以叶片（叶

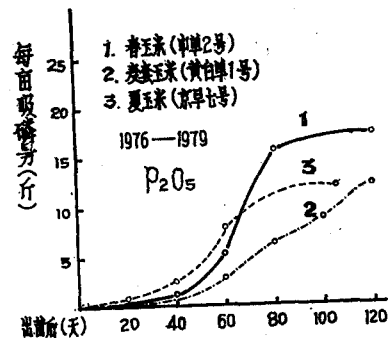


图6. 不同玉米类型磷素吸收动态

鞘)、茎秆供磷比率最大,各占36%,苞叶只占16%,穗轴占12%。

同氮的吸收情况一样,在出苗后60天内,夏玉米的吸收磷数量大大超过春、套玉米(图6)。这显然同它的生态环境及生长特性有关。

四、钾素(K₂O)吸收动态

玉米植株体内钾素呈K⁺状态存在,集中分布在幼嫩的、生活力强的组织和新生器官。幼苗期钾素吸收总量为0.3~0.5斤/亩,抽雄吐丝期为5.2~6.9斤/亩左右。在幼苗生长的一个月內钾素吸收速度明显地高于氮和磷,三叶展期钾素吸收百分率在2%左右,拔节后猛增至40~50%,抽雄吐丝期钾素累积吸收百分率已达到80~90%,可见在生育前期玉米对钾素有更高的需求,但在籽粒形成之后,钾素的吸收几乎处于停止状态,京黄113品种甚至有所减少。成熟期籽粒中的钾素只占植株总量的26%。

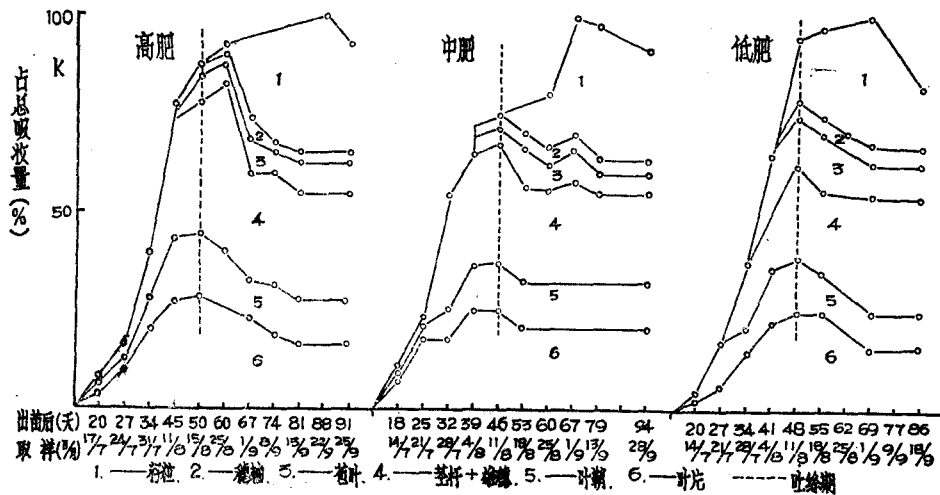


图7 夏玉米不同器官钾素分配动态

从不同部位看,幼苗期叶片含钾较高,拔节后茎秆含钾较高,茎秆钾增长最快的时期是从雌穗小花分化期开始,乳熟期达极大值,随后趋向降低。吐丝以前,钾素的大小

顺序大致是:茎秆>叶片>叶鞘>雄穗>苞叶>穗轴。

不同器官钾素对籽粒的相对贡献大致是:叶片33%,叶鞘10%,茎秆42%,苞叶7%,穗轴8%。

在出苗40多天的时间内,夏玉米对钾的吸收量也明显地多于春、套玉米。但是抽雄期以后就很快落后于春玉米。这显然是由于后者品种生育期较长,吸钾高峰期到来较晚所致。

根据我们的系统研究,将夏玉米“京

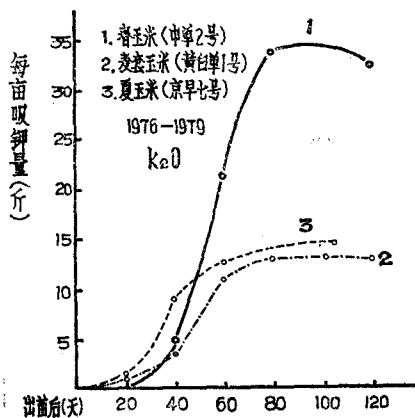


图8 不同玉米类型钾素吸收动态

表5 夏玉米不同产量水平对氮、磷、钾的吸收量(斤/亩) 1978~1980年

品种	产量/(亩)	养 分	氮 素 (全N)	磷 素 (P_2O_5)	钾 素 (K_2O)	N:P:K
京早七号	800		20~24	8~12	16~20	3:1:2
	700		16~20	7~8	16~18	2:1:2
	400~500		12~16	5~6	8~12	2.5:1:2
京黄113	720		22.4	11.8	18.4	2:1:1.5
	690		20.4	11.7	18.4	2:1:1.5
	400		12.8	7.2	12.2	2:1:1.5

早七号”和“京黄113”品种在北京地区不同产量水平下对氮、磷、钾的吸收量列于表5。

从表5内的资料可以得到这样的概念:夏玉米从土壤中吸收养分的数量,以氮素最多,钾素次之,磷素最少;三要素的吸收比例,京早七号大体是2.5:1:2,而京黄113为2:1:1.5。每亩养分的吸收量同土壤肥力有密切关系,肥力越高,产量和吸肥量也相应提高。每生产100斤籽粒需吸收氮2.5~3.1斤,磷1.0~1.7斤,钾2.3~3.0斤,吸收量因肥力、气候与施肥技术等而变动。这些数字高于山东第一农事试验场^[1],而低于美国Larson等^[7]所列举的资料。

讨 论

夏玉米的干物质积累进程,基本上同春、套玉米相似。但是,由于受夏季高温多雨气候条件的影响,它在生育前期的干物质积累速度和对N、P、K的吸收强度,均明显超过春、套玉米。

全生育期平均,夏玉米单株干重日增量为2.1克,增重最快的抽雄至乳熟阶段达8.5克;全生育期的平均净光合生产率为7.5~8.8克/米²·日。抽丝至成熟阶段的时间约占全生育期的一半,而累积的干物质却占最后生物学产量的60%,且绝大部分用于籽粒生产。因此,尽可能增加这一阶段的干物质生产是具有很重要的意义。

夏玉米对N、P、K的吸收,主要受干物质积累进程所制约。总的趋势是,苗期吸收量少,拔节后逐步加快,抽丝前后出现高峰,然后又逐渐减少。但各元素的吸收曲线又有所不同:氮的吸收高峰出现在抽丝前后,乳熟期基本上停止吸收,只有茎叶氮向籽粒转运;磷的吸收时间最长,一直持续到蜡熟期才停止;对钾的吸收,在生育前期要比氮、磷快得多,但吸收时间也最短,抽丝期出现吸收高峰后很快就下降,成熟前甚至出现植株总钾量的馈损现象。每亩夏玉米吸收氮、磷、钾的数量因产量水平而异。山东第一农事试验场(1933年)的研究结果表明。亩产236斤的夏玉米,其吸收氮9.07斤,磷3.05斤,钾8.10斤,三要素的比例为2.97:1:2.66^[1]。在本试验中,亩产800斤左右的夏玉米吸收氮20~24斤,磷8~12斤,钾16~20斤,三要素比例为3:1:2。高肥地比中、低肥地。产量较高的京早7号比产量较低的京黄113,每亩吸收养分的数量也都比较多。但如按100斤籽粒的养分含量计算,则高产田都普遍少于低产田。

Larson和Hanway^[7](1977)指出,玉米成熟时全株2/3的氮和4/5的磷都在籽粒中,而绝大部分钾留在茎叶中,籽粒中的钾通常不到全株总钾量1/4。我们的试验结果与上述数据比较接近,籽粒中三要素含量占全株含量的比重是:氮70%,磷76%,钾2.6%。

夏玉米一般在小麦收获后播种,多数来不及施用基肥,而残留的根茬在被微生物分解的过程中,还要从土壤中吸收一部分有效氮。再加上夏玉米有前期生长快,吸肥多的特点,很容易出现缺肥现象。所以,同春玉米不同,夏玉米施肥应掌握“前重后轻”的原则,酌施种肥,早施和重施拔节肥。

参 考 文 献

- [1] 山东省农业科学院主编,中国玉米栽培,1962:第六章,施肥:145~151页,上海科技出版社。
 [2] 傅应春:1978,麦套玉米需肥规律的初步探讨,中国农业科技通讯,(5):10~13。
 [3] 郑丕尧:1980,夏玉米“京黄113”某些生物学性状的观察,北京农业大学学报,(1):47~55。
 [4] 陈国平等:1980,“京早七号”玉米的生物学特性及栽培技术,北京农林科技,(11)(增刊):1~10。
 [5] 石冢喜明、金雄桂:1969,玉米生育期间同化产物与养分吸收的研究,日本《土壤肥科学》杂志38(11)转引自玉米译丛(29~35页)农业出版社。
 [6] I. Arnon 1976: Mineral Nutrition of Maize PP113~154 Editors: Internatinal potash Instituti
 [7] W. E. Larson and J. J. Hanway 1977: Corn production. in Book “Corn and Corn improvement”. Wisconsin. P.625-669.
 [8] С.С.Андреевко Ф.М.Куперман, 1959: Физиология Кукурузы.С.С.Издательство Московского универси ТЕТА.
 [9] Д.Д.Сейр1957: Миниральное Питание Кукурузы. В КН“Кукуруза и её улучшение”. Изд. иностр. дитер. Москва. P.223~240.

STUDIES ON FERTILIZER REQUIREMENT AND DRY MATTER ACCUMULATION IN SUMMER CORN

Fu Yingchun

(*Department of Biology, Beijing Teacher's College*)

Chen Guoping

(*Institute of Crop Science, Beijing Academy of
Agricultural Sciences*)

ABSTRACT

Experiments have been carried out with two breeds of single cross hybrid corn planted in the harvested winter wheat fields of three different levels of soil fertility in Beijing in 1978 to 1980. The main results are as follows:

1. The process of dry matter accumulation of summer-sown corn is similar on the whole with that of spring-sown or interplanting corn, It shows a slow-fast-slow curve. But, summer-sown corn grows faster at the earlier stage and accumulates a larger amount of dry matter.

2. Two growing periods of summer-sown corn before and after flowering are about the same length, but the accumulation of dry matter is faster at the latter stage, which is mainly utilized for grain formation.

3. The amount of N, P, K assimilated by summer-sown corn increases with the grain yield, i. e. the higher the soil fertility and the yield, the corn plants assimilate more nutrients. 400 kilograms per mu (1/15 hectare) of summer-sown corn assimilates 10-12 kg N, 4-6 kg P₂O₅, 8-10 kg K₂O. The ratio of the three is 3:1:2.

4. The nutrient absorption curve of summer-sown corn corresponds to the dry matter accumulation curve, i. e. slow at seedling stage, getting faster after elongation stage, reaches its height at silking stage, and gradually slow down afterwards. The nitrogen absorption ends at milk stage; phosphorus absorption continues until dough stage; the absorption of potassium is much more faster than those of nitrogen and phosphorus at earlier stage while slow down rapidly after the silking stage, the total amount of K per plant shows even a slight decrease before maturity.