

施肥量对高产夏玉米需肥规律的影响

张智猛 戴良香

郭景伦

(河北农业技术师范学院, 昌黎 066600)

(北京市农科院作物所)

李伯航

(河北农业大学)

Effect of Rate of Applied Fertilizer on Fertilizer Requirement of High-yield Summer-sown Corn

Zhang Zhimeng Dai Liang xiang

(Hebei Agrotechnical Teacher College, Changli 066600)

Guo Jing lun

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

Li Bohang

(Hebei Agricultural University)

Abstract: This paper dealt with the effect of different rates of fertilizer on uptake, accumulation and partition of N, P, K by high-yield summer-sown corn, and made a probe into the rates of applied fertilizer. The result showed the amounts and growth and decline rate of N, P, K of high fertilizer treatment (HFT) were significantly more than those of low fertilizer treatment (LFT) ($t=0.05$). The uptake trends of P, K were not affected by fertilizer treatments, but that of N was different between fertilizer treatments. There were two peaks of accumulation rates at 12-leaf and 15 days after silking respectively for HFT, and there was only one peak of accumulation rate at 12-leaf for LFT. Maximum requirements of N, P_2O_5 , K_2O of corn Yedan No. 51 yielded 11613kg/ha were 230.25, 104.25, 212.70kg respectively. The ratio of three elements was $1:0.45:0.92$. The amounts of N, P_2O_5 , K_2O for production of 100kg grains were 1.983, 0.898 and 1.832kg. The maximum accumulation rates of N, P_2O_5 and K_2O were 4.86, 2.49 and 7.62kg/ha, and percentage of nitrogen, phosphorus and potassium in grain at maturity were 58.9, 82.4 and 12.5%.

Key words: Summer-sown Corn; Rate of fertilizer; Nutrient uptake; Regulation of fertilizer requirement

摘要 本文研究了不同施肥量对高产夏玉米器官中氮、磷、钾的吸收、积累和分配的影响,并对施肥量问题进行了探讨。结果表明,玉米在氮、磷、钾累积吸收数量和消长速度上,高肥量处理显著高于低肥量处理($t=0.05$)。施肥量基本不影响磷和钾的吸收动态,而氮的吸收动态两处理间不一致。玉米在氮的吸收过程中,高肥量处理出现两个高峰,分别在大喇叭口期和吐丝后15天;而

收稿日期 1995-01-12

低肥量处理只在大喇叭口期出现一个高峰。掖单 51 号每公顷生产 11613 公斤子粒,最高需肥量 $N_{230.25}$ 公斤、 $P_2O_5_{104.25}$ 公斤、 $K_2O_{212.70}$ 公斤。三要素的比例为 1:0.45:0.92,生产百公斤子粒所需 N 、 P_2O_5 、 K_2O 分别为 1.983、0.898、1.832 公斤。氮、磷、钾的最大吸收强度分别为 4.86、2.49、7.62 公斤·公顷⁻¹·日⁻¹,完熟期子粒中的氮、磷、钾分配比率分别为 58.90、82.40 和 12.50%。

关键词 夏玉米 施肥量 养分吸收 需肥规律

随着玉米新品种的涌现,产量水平的提高,玉米高产再高产性,尤其是不同条件下的需肥特性及变化规律,成为玉米再高产合理施肥中急需解决的问题之一。有关施肥量对玉米养分吸收积累的影响,国外学者对春玉米曾做过一些工作,但结果不甚一致。Jordan (1950)^[8] 研究表明,施肥量影响氮、磷、钾的吸收,而 Russelle^[11] 认为,氮、磷、吸收积累模式在不同施肥量下表现一致,而钾存在显著不同^[9,10,16]。以夏玉米为研究对象,国内外尚未见报道。因此本文旨在就不同施肥量对高产夏玉米养分吸收、积累和分配态势的影响进行较系统地研究,明确每公顷生产 11250 公斤夏玉米的需肥特性,并对施肥量的确定予以探讨,以为生产上合理施肥提供参考依据。

1 材料与方法

试验地基础肥力为有机质 1.59%、全氮 0.157%、全磷 0.217%、全钾 2.20%、速效氮 $75.2\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、速效磷 $44.3\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 和速效钾 $142.0\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。供试品种为掖单 51,6 月 11 日播种,9 月 27 日收获,密度为 75000 株·公顷⁻¹。试验处理设高、低施肥量,国内夏玉米获每公顷 11250 公斤子粒产量最高施氮量为 480 公斤/公顷,最低为 360 公斤/公顷,据此高肥量设每公顷施 N_{480} 公斤、 $P_2O_5_{240}$ 公斤、 K_2O_{240} 公斤;低肥量为 N_{375} 公斤、 $P_2O_5_{187.5}$ 公斤、 $K_2O_{187.5}$ 公斤。磷、钾肥全部用作基肥,氮肥在生长过程中分期施用。每处理重复 3 次,随机区组排列。

样品分别在三展叶、拔节期、大喇叭口期、吐丝期、吐丝后 15 天、30 天、45 天和完熟

期采集。每株将各器官分成叶片、叶鞘、茎秆、雄穗、花丝、苞叶、穗轴、穗柄和子粒,各样品烘干粉碎后分析其氮、磷、钾含量。

2 结果与分析

2.1 施肥量对累进吸收量和吸收强度的影响

不同施肥量影响氮、磷、钾的累进吸收(见表 1)。高肥处理氮素积累一生均在增加,低肥处理则在完熟期出现损失。磷、钾累进吸收的趋势两处理相似,只是低肥处理的钾素积累更早地出现负积累。氮、磷、钾积累的绝对数量高肥处理显著高于低肥处理(t 达到 0.05 水平),主要表现在吐丝期以后累进吸收量的差异。氮、磷、钾的最高累进吸收量,高肥处理(子粒产量为 11613 公斤/公顷)分别为 230.25、104.25、212.70 公斤/公顷,低肥处理(子粒产量为 10030.5 公斤/公顷)分别为 188.58、84.83、158.37 公斤/公顷,前者比后者分别高出 22.13、22.85 和 34.32%。

从吸收强度看(见表 1),磷、钾的变化趋势基本不受施肥量的影响,但每公顷日吸收量高肥量高于低肥量。磷的吸收强度大喇叭口期分别为 1.358(高肥量)、1.094 公斤/公顷·日(低肥量);吐丝期分别为 0.658、0.535 公斤/公顷·日;吐丝后 15 天分别为 1.095、0.810 公斤/公顷·日;吐丝后 30 天分别为 2.492、1.808 公斤/公顷·日。钾的吸收强度从拔节期加快,到大喇叭口期达到高峰,以后下降,大喇叭口期的吸收强度分别为 7.617(高肥量)、4.962 公斤/公顷·日(低肥量)。氮的吸收强度两处理表现较大的差异,从变化趋势看,高肥处理在玉米氮的吸收过

程中出现两个吸收高峰,分别在大喇叭口期和吐丝后 15 天,而低肥处理只在大喇叭口期出现一个高峰,灌浆期末形成第二高峰,反映出玉米生育后期土壤供应养分的能力。从每公顷日吸收量看,各时期高肥处理显著高于低肥处理,大喇叭口期高肥量为 4.292 公斤/

公顷·日,低肥量为 3.550 公斤/公顷·日,吐丝期分别为 3.041、3.401 公斤/公顷·日,吐丝后 15 天分别为 4.856、3.069 公斤/公顷·日。显然,增加施肥量提高了玉米植株对养分的吸收速度。

表 1 施肥量对玉米植株氮、磷、钾的累进吸收影响的比较

处 理	生育时期	氮		磷		钾	
		累进吸收量 (公斤/公顷)	吸收强度 (公斤/公顷·日)	累进吸收量 (公斤/公顷)	吸收强度 (公斤/公顷·日)	累进吸收量 (公斤/公顷)	吸收强度 (公斤/公顷·日)
高肥量	三 展 叶	2.250	0.280	0.465	0.056	2.310	0.287
	拔 节 期	18.250	1.451	4.125	0.334	20.821	1.683
	大喇叭口期	104.050	4.292	31.290	1.358	173.100	7.617
	吐 丝 期	137.510	3.041	38.535	0.658	184.080	0.992
	吐丝后 15 天	210.300	4.856	54.930	1.094	196.980	0.860
	吐丝后 30 天	220.050	0.781	92.310	2.492	212.100	1.010
	吐丝后 45 天	228.830	0.452	99.540	0.483	212.700	0.041
	完 熟 期	230.250	0.212	104.205	0.665	204.660	-1.150
	三 展 叶	2.250	0.280	0.465	0.056	2.310	0.287
低肥量	拔 节 期	16.950	1.336	4.410	0.360	19.125	1.529
	大喇叭口期	87.885	3.550	26.280	1.094	118.380	4.962
	吐 丝 期	125.295	3.401	32.175	0.535	135.495	1.556
	吐丝后 15 天	171.345	3.069	44.325	0.810	156.225	1.382
	吐丝后 30 天	180.900	0.637	71.430	1.808	158.370	0.144
	吐丝后 45 天	188.580	0.512	73.245	0.120	157.770	-0.041
	完 熟 期	159.270	-4.186	84.825	0.655	130.020	-3.963

2.2 施肥量对氮、磷、钾阶段吸收量的影响

由表 2 可见,各阶段吸收氮、磷、钾三要

素的数量和相对比例受施肥量处理的影响,基本上是高肥处理高于低肥处理,尤其在灌浆期吸收数量相差较大。

表 2 施肥量对玉米植株养分阶段吸收量影响的比较

养 分	处 理	出苗~ 三展叶	三展叶~ 拔节期	拔节期~ 大喇叭口期	大喇叭口期 ~吐丝期	吐丝期~ 吐丝后 15 天	吐丝后 15 天~ 吐丝后 30 天	吐丝后 30 天~ 吐丝后 45 天	吐丝后 45 天 ~完熟期
N	高 肥 量 (公斤/公顷)	2.250	15.960	85.845	33.450	72.825	11.715	6.780	1.485
	占 总 量 %	0.980	6.930	37.270	14.520	31.620	5.090	2.940	0.640
	低 肥 量 (公斤/公顷)	2.250	14.700	70.920	37.410	46.050	9.555	7.680	-29.310
	占 总 量 %	1.190	7.800	37.610	19.840	24.420	5.070	4.690	-15.540
P ₂ O ₅	高 肥 量 (公斤/公顷)	0.465	3.660	27.165	7.395	16.395	37.365	7.230	4.665
	占 总 量 %	0.450	3.510	26.070	6.950	15.730	35.870	6.940	4.480
	低 肥 量 (公斤/公顷)	0.465	3.945	21.870	5.895	12.150	27.105	1.815	11.580
	占 总 量 %	0.550	4.650	25.780	6.950	14.320	31.950	2.140	13.620
K ₂ O	高 肥 量 (公斤/公顷)	2.310	18.510	152.355	10.905	12.900	15.120	0.615	-8.055
	占 总 量 %	1.090	8.700	71.520	5.130	6.060	7.110	0.290	-3.790
	低 肥 量 (公斤/公顷)	2.310	16.815	99.255	17.115	20.730	2.145	-0.600	-27.750
	占 总 量 %	1.460	10.620	62.670	10.810	13.090	1.350	-0.380	-17.520

氮吸收较多的阶段在拔节期~大喇叭口期和吐丝期~吐丝后 15 天,前一阶段两处理的相对比例相近,分别为 37.27、37.61%,阶段吸收量分别为 85.845、70.920 公斤/公顷,相差 14.925 公斤/公顷。而后一阶段相差较大,吸收的相对比例高肥处理为 31.62%,低肥处理为 24.42%,阶段吸收量分别为 72.825、46.050 公斤/公顷,二者相差 26.775 公斤/公顷。

磷在拔节期~大喇叭口期和吐丝后 15 天~30 天吸收较多,前一阶段两处理阶段吸收量分别为 27.165、21.870 公斤/公顷,其吸收比例很相近。而在后一阶段相差较大,吸收的相对比例高肥处理为 35.87%,低肥处理为 31.95%。阶段吸收量分别为 37.365、27.105 公斤/公顷,前者比后者高出 10.260 公斤/公顷(37.9%)。

钾吸收最多的阶段两处理皆在拔节期~大喇叭口期,高肥处理为 152.355 公斤/公顷,低肥处理为 99.255 公斤/公顷,平均占总吸收量的 67.15%,前者比后者高出 53.000 公斤/公顷(53.4%)。

由此表明,增加肥料投入量可以提高夏玉米各阶段养分吸收量,保证后期养分需求维持较高的水平,且在养分吸收较多阶段能吸收、贮存更多数量的养分为籽粒利用。

2.3 施肥量对各器官中 N、P、K 吸收与分配的影响

施肥量对各器官中 N、P、K 吸收的影响,主要表现在三要素的吸收数量和消长速度方面存在较大的差异。

吐丝以前,各器官氮吸收的速度和数量,高肥处理比低肥处理上升更快,吸收更多,到吐丝后 15 天均达到高峰,叶片、叶鞘、茎秆及雌穗(除子粒外,下同)在氮吸收峰值时,两处理相差分别为 24.33、0.81、5.81 和 3.23 公斤/公顷,之后各器官中吸收积累的氮开始下降而向外转移,尤以叶片中氮的下降速度较快。高肥处理子粒中氮的积累速度高于低肥,

且至完熟时一直积累,而低肥处理在成熟末期出现积累负值。

磷在各器官中的吸收消长两处理变化较大。叶片中磷的吸收在吐丝期以前相近,之后高肥处理叶片继续吸收且在吐丝后 30 天出现一个较高的峰,而低肥处理叶片磷自吐丝期后一直下降至成熟。吐丝后各时期叶片磷素积累量两处理相差趋于增大,其差值分别为 1.575、5.550、6.120、1.695 公斤/公顷。叶鞘中磷的积累,高肥处理在吐丝期和吐丝后 30 天有两个明显的峰,低肥处理则变化较为平稳。茎秆和雌穗中磷积累趋势相似,但积累数量是高肥显著高于低肥。叶鞘、茎秆和雌穗最高磷积累量两处理相差分别为 3.30、3.90、4.95 公斤/公顷,前者比后者分别高 45.8、28、6、35.1%。

叶片钾的累积高峰,高肥处理出现在吐丝后 15 天,低肥处理则出现较早在吐丝期。由此说明,低肥处理叶片中的钾较早地开始向外转移,二者的峰值相差 7.05 公斤/公顷。茎秆中钾的积累趋势两处理一致,在大喇叭口期均达到高峰,之后下降,吐丝后 15 天又开始回升至成熟,但高肥处理上升速度比低肥要快。叶鞘、雌穗中钾的积累峰值相差分别为 4.95、2.25 公斤/公顷。

氮、磷、钾在各器官各时期的分配情况如表 3。完熟期,氮在籽粒中的分配比例,低肥稍高于高肥,主要因叶片中的分配不同所致。磷在各器官中的分配较为稳定,基本不受施肥量的影响。钾素在籽粒中和叶片中的分配比例二者近似,而在茎和雄穗中的分配比例高肥处理高于低肥处理,但在雌穗中正好相反,说明低肥处理茎秆和雌穗中多分配出去的钾积集于雌穗及其它器官中并未进入籽粒中,这与 Sayret^[7]关于钾不转入籽粒中的结论大体一致。完熟期,氮、磷、钾在籽粒中的分配比例高肥处理分别为 58.91、84.42、12.54%;低肥处理分别为 67.77、82.85、13.21%。

表 3 施肥量对植株不同时期氮、磷、钾分配比例影响的比较 (%)

处 理	生育时期	氮				磷				钾			
		叶片+鞘	茎+雄穗	雌穗*	籽粒	叶片+鞘	茎+雄穗	雌穗*	籽粒	叶片+鞘	茎+雄穗	雌穗*	籽粒
高肥量	三 展 叶	100.00				100.00				100.00			
	拔 节 期	92.98	7.02			89.82	10.18			91.89	8.11		
	大喇叭口期	62.93	37.07			52.81	47.19			41.44	58.55		
	吐 丝 期	61.58	32.21	6.21		50.09	41.32	8.58		47.35	47.76	4.89	
	吐丝后15天	53.73	21.68	12.12	12.47	31.93	26.15	25.67	16.25	39.98	39.08	13.48	7.46
	吐丝后30天	35.71	15.14	7.10	42.29	25.86	13.77	8.69	51.68	34.47	43.35	10.61	11.56
	吐丝后45天	27.93	11.33	5.92	54.82	18.43	9.14	6.13	66.31	27.43	44.61	9.77	18.19
	完 熟 期	25.66	10.14	5.29	58.91	8.97	3.09	5.3	82.42	22.58	55.84	9.05	12.54
低肥量	三 展 叶	100.00				100.00				100.00			
	拔 节 期	94.51	5.49			92.18	7.82			95.13	4.86		
	大喇叭口期	68.70	31.30			57.71	42.29			44.54	55.45		
	吐 丝 期	64.35	30.01	5.64		54.35	37.78	7.88		49.93	45.18	4.89	
	吐丝后15天	51.26	22.74	13.00	13.00	34.93	23.61	23.19	18.28	38.07	39.27	14.60	8.07
	吐丝后30天	34.54	15.80	8.91	40.76	21.02	10.64	13.86	54.49	31.64	42.04	13.92	12.41
	吐丝后45天	21.62	12.32	6.67	59.30	11.56	6.44	8.38	73.64	22.77	42.23	12.41	22.49
	完 熟 期	21.88	10.08	5.27	62.77	8.45	3.81	4.89	82.85	22.44	49.64	14.71	13.21

* 不包括籽粒。

2.4 施肥量对植株体内氮、磷、钾百分含量的影响

植株体内氮、磷、钾百分含量受施肥量的影响,随施肥量的增加而升高,尤其在灌浆期营养器官中三要素的百分含量高肥处理显著高于低肥处理,说明高肥处理植株体内养分含量在后期仍能维持较高的水平。

叶片、叶鞘是氮、磷、钾变化的标志器官,亦是合理施肥的诊断器官,反映植株体内养分的供应状况。叶片中氮百分含量的变化趋势是逐渐降低,但高肥处理叶片氮百分含量在吐丝后 15 天又出现一个较为明显上升的峰,而低肥处理则较平缓。叶片中磷、钾趋势二处理一致,只是低肥处理下降更迅速,叶片含氮、磷、钾率从苗期至完熟期高肥处理分别下降了 1.786、0.500、2.904,低肥处理分别下降了 2.431、0.525、3.201。叶鞘中氮、磷、钾百分含量高肥处理分别下降了 2.903、0.513、1.677,低肥处理分别下降了 3.198、0.545、2.106。

茎秆、雄穗、籽粒中三要素百分含量均是高肥处理高于低肥处理。但是雌穗(除籽粒)

中氮、磷、钾百分含量均是低肥高于高肥,这可能与干物重的大小有关。

3 小结与讨论

3.1 施肥量与需肥规律

综上所述,每公顷生产 11613 公斤玉米籽粒,三要素最高吸收量: N (230.25kg) > K₂O (212.70kg) > P₂O₅ (104.25kg)。此结果与多数前人的研究结果一致^[4,5],这可能与钾素在植株体内较早停止吸收后期出现损失有关。生产百公斤籽粒需吸收 N、P₂O₅、K₂O 分别为 1.983、0.898、1.832 公斤,三者比例为 1 : 0.45 : 0.92。

从施肥量对需肥规律的影响研究表明,施肥量对氮的吸收积累动态有影响,基本不影响磷、钾的积累趋势。在氮素的吸收过程中,高肥量处理出现两个显著的高峰吸收阶段,分别在拔节期~大喇叭口期(4.29 公斤/公顷·日)和吐丝期~吐丝后 15 天(4.86 公斤/公顷·日),二阶段吸收量各占总吸收量的 1/3 多,而低肥量处理只在拔节期~大喇叭口期出现一个显著的吸收高峰。在高肥量

条件下,夏玉米积累吸收三要素的绝对数量显著高于低肥量处理。试验研究结果表明,氮、磷、钾的最高积累量,高肥量处理比低肥量处理分别高出 22.13、22.85、34.32%,最高吸收强度,前者比后者分别高出 36.79、37.28、53.51%,籽粒产量高肥处理为 11613 公斤/公顷,低肥处理为 10030.5 公斤/公顷,前者比后者高出 1582.5 公斤(15.78%)。显然,较高的施肥量对于提高夏玉米植株养分积累量、吸收速度和阶段吸收数量,获得较高的籽粒产量具有有利的促进作用。

3.2 施肥量的探讨

许多学者认为^[6,12-15]:玉米高产条件下,相对较低的氮肥用量,使籽粒生产和肥料利用率通常提高到最大限度,而较高的氮肥用量,使产量对改变管理措施的敏感性下降到最低限度。合理施肥量的确定是根据品种养分的需要量、产量水平、土壤肥力和不同水文年份等因素而定。宏观而言,可从两方面考虑,以获得较高经济效益为目标投入肥料;或以生产最高籽粒产量即目标产量为目的的肥料投入。据国内学者的试验研究,不同产量水平投入的肥料量不同,每公顷生产 6000 公斤籽粒施 N345 公斤(胡昌浩,1982)^[1],生产 7500 公斤籽粒每公顷施 N443.5 公斤(范贻山等,1983)^[2],产量为 13500 公斤/公顷,投入 N450 公斤以上(王忠孝,1988)^[3],本试验在高肥量条件下,每公顷生产籽粒 11613 公斤,比低肥量处理多生产 1582.5 公斤,高出 15.78%,因此每公顷施 N480 公斤,可以获得较高的籽粒产量。

但以经济效益观点分析,联合国粮农组织曾推荐投肥的经济标准,粮食产值/投肥成本比值(VCR)大于 2,利润率高于 100%时,仍值得追投肥。根据全国“紧凑型玉米高产理论与技术”课题组的研究,计算了不同施肥量和不同产量水下的 VCR 和利润率列于表 4,可以看出,每公顷施 N480 公斤的处理产量最高,VCR 大于 2,利润率只有 71.96%,每公顷施 N375 公斤时,VCR 为 4.42,利润率

为 100.20%,若再追加投肥至每公顷 390 公斤氮肥,利润率降为 94.36%,说明每公顷施 N375 公斤效益最高。

表 4 不同施肥处理的 VCR 和利润率

氮	磷	钾	产 量	VCR	施肥利润	利润率
公斤/公顷	公斤/公顷	公斤/公顷	(公斤/公顷)		(元)	(%)
285	142.5	330.0	11550.0	4.64	1575.15	109.09
285	142.5	0.0	10608.0	6.48	1523.90	160.60
285	285.0	165.0	11482.5	4.46	1485.15	99.37
285	285.0	82.5	11625.0	4.71	1406.25	102.58
375	187.5	187.5	11625.0	4.41	1532.70	100.20
390	195.0	195.0	11676.0	4.26	1510.50	94.36
480	240.0	240.0	12150.0	3.60	1397.25	71.96
570	142.5	142.5	11233.5	3.59	1022.25	56.38

综上所述得出,在本试验土壤肥力条件下,欲获得夏玉米产量为 11250 公斤/公顷以上水平,可以每公顷施 N480 公斤,而欲实现较高的经济效益和施肥利润,采用每公顷施 N375 公斤较为合理。

参 考 文 献

[1]胡昌浩,夏玉米同化产物积累与养分吸收分配规律的研究,Ⅰ.氮、磷、钾的吸收、分配与转移规律,《中国农业科学》,1982,(2):38-48

[2]范贻山,高产夏玉米需肥规律的研究,《山东农业科学》,1983,(3):1-5

[3]王忠孝,夏玉米高产规律的研究,Ⅰ.氮、磷、钾养分的积累与分配,《山东农业科学》,1988,(4):10-14

[4]付应春等,夏玉米需肥规律的研究,《作物学报》,1982,8(1):1-8

[5]李伯航等主编,黄淮海玉米高产理论与技术,学术出版社,1990.232-237

[6]I. Arnon, Mineral Nutrition of Maize, International Potash Institut, 1976, PP113-154

[7]Sayer, J. D., Mineral accumulation in corn, 《Plant Physiol. 》,1948,23(3):267-281

[8]Jordan, H. V., Growth rates and nutrient uptake by corn in a fertilize-spacing expeximent, 《Agron. J. 》, 1950,42:261-268

[9]Hanway, J. J., Corn growth and composition in relation to soil fertility I Uptake of N,P, and k and their distribution in different plant parts during the growing Season,《Agron.J. 》,1962b,54:217-222 (下转第67页)

(上接第 61 页)

- [10] Karlen, D. L. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn, *(Agron. J.)*, 1988, 80: 232—242
- [11] Russelle, M. P., Effects of water and nitrogen management on yield and ^{15}N -depleted fertilizer use efficiency of irrigated corn, *(Soil Sci. Am. J.)*, 1981, 45: 553—558
- [12] Miler, H. F., Time of application and yields of corn in wet, alluvial soils, *(Agron. J.)*, 1975, 67: 401—404
- [13] Bigeriego, Uptake, translocation and utilization of ^{15}N -depleted fertilizer in irrigated corn, *(Soil Sci. soc*

Am. J.), 1979, 43: 528—533

- [14] Rhoads, F. M., Effect of population and fertility on nutrient uptake and yield components of irrigating corn, *(Proc. Soil crop Sci. Soc. Fla.)*, 1979, 38: 78—81
- [15] Olson, R. V., Fate of tagged nitrogen fertilizer applied to irrigate corn, *(Soil Sci. Soc. Proc.)*, 1980, 44: 514—517
- [16] Heckman, J. R., Potassium accumulation and corn yield related to potassium fertilizer rate and placement, *(Soil Sci. Soc. Am. J.)*, 1992, 56: 141—148