

EFEITOS DOS SISTEMAS DE IRRIGAÇÃO POR INUNDAÇÃO CONTÍNUA E SOB A FORMA DE UMEDECIMENTOS DO SOLO ATÉ A SATURAÇÃO, SOBRE CULTIVARES DE ARROZ (*Oryza sativa*), NA BAIXADA FLUMINENSE¹

EVANDRO FERRAZ DUARTE², DIRCE P.P. DE SOUZA BRITTO³ e CARLOS ALBERTO MENEQUELLI⁴

SINOPSE.— Em solo hidromórfico da série “Guandu”, no Município de Itaguaí, Estado do Rio de Janeiro, foi conduzida uma investigação, com o objetivo de verificar o comportamento de doze cultivares de arroz (Amarelão 33-3, De Abril, Dourado Precoce, Híbrido, H-12-V-13, IAC-435, IAMG-1, Iguape Agulha, Reg. IPEACS 1322, R.D. Aromatic, 7-V-8 e 7-V-10), quando submetidas a dois sistemas de irrigação: o tradicional, por inundação contínua, e outro, em que o solo era abundantemente umedecido até a saturação.

O esquema experimental usado foi o de parcelas subdivididas a partir de blocos ao acaso, com quatro repetições, revelando, as análises isoladas de cada ano e a conjunta dos três anos, uma diferença altamente significativa entre as modalidades de irrigação. A irrigação por inundação contínua forneceu um aumento de 187% na produção, que foi de 2.385 kg/ha contra apenas 831 kg/ha do sistema de umedecimentos periódicos.

Todas as cultivares apresentaram maiores produções no sistema de irrigação por inundação contínua, sendo a De Abril, independentemente de sistema de irrigação, a que forneceu maior rendimento, com uma produção média, nos três anos, de 3.222 kg/ha. Apenas esta cultivar compensou plenamente o uso da irrigação por inundação contínua, deixando um lucro médio, para o rizicultor, de Cr\$ 371,84 por hectare.

Com o emprego do sistema de umedecimentos periódicos obteve-se uma economia média de água de 98,5%, o que equivale a um lucro de Cr\$ 454,16 por hectare.

Palavras chaves adicionais para índice: Engenharia agrária.

INTRODUÇÃO

Na região rizícola do Estado do Rio de Janeiro, o custo da água para a irrigação dos arrozais é bastante onerado, em virtude da necessidade de bombeamento, prática usada em muitas das propriedades⁵.

Apesar de não haver mais dúvidas a respeito das vantagens do emprego do sistema de irrigação por inundação do solo na exploração da cultura em questão (Duarte 1961, 1963), o fato constatado na região rizícola do Estado do Rio de Janeiro levou-nos a investigar, de 1964 a 1967, o comportamento de doze das cultivares existentes na coleção da Seção de Fitotecnia do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), quando submetidas a um regime de irrigação que exigisse menor demanda de água e, consequentemente, menores despesas com bombeamento. Pensou-se,

então, numa modalidade de irrigação em que o solo fosse apenas abundantemente umedecido até a saturação, sempre que necessário (regas de socorro), funcionando como testemunha nestas observações o sistema tradicional por inundação contínua.

Assim sendo, procurou-se neste trabalho verificar, objetivamente:

a) se uma ou mais das cultivares escolhidas poderiam mostrar-se tão produtivas no regime de regas de socorro quanto no processo habitual de irrigação por inundação contínua;

b) em caso afirmativo, qual seria a resultante economia de água e se esta daria para cobrir o custo do maior número de capinas, decorrente da não utilização do sistema que, sabidamente, controla com razoável eficiência as ervas daninhas, dispensando, na maioria das vezes, esse trato cultural;

c) finalmente, quais seriam as possíveis diferenças de rendimento das cultivares nas duas modalidades de manejo da água.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram escolhidas para participar da investigação, além da cultivar mais explorada na região, a De Abril, as seguintes: Amarelão 33-3; Dourado Precoce; Híbrido; H-12-V-13; IAC-435; IAMG-1; Iguape Agulha; Reg. IPEACS 1322; R.D. Aromatic; 7-V-8 e 7-V10.

Instalados em solo hidromórfico da série Guandu (Mendes *et al.* 1954), na sede do IPEACS, em plena Baixada Fluminense, os experimentos obedeceram ao delineamento experimental de parcelas subdivididas a partir de blocos ao acaso, sendo usadas quatro repetições.

Dois foram os tratamentos escolhidos: solo apenas umedecido até a saturação sempre que necessário (U.S.) e solo irrigado por inundação contínua ou permanente

¹ Aceito para publicação em 10 de setembro de 1973.

² Eng.º Agrônomo, Ex-Chefe da Seção de Engenharia do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS) e Prof. Regente da Disciplina de Hidráulica da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26.

³ Eng.º Agrônomo, Pesquisador em Agricultura, Chefe da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Prof. Adjunto do Departamento de Matemática e Estatística da UFRRJ, e Chefe de Pesquisas, bolsista, do Conselho Nacional de Pesquisas (CNPq).

⁴ Eng.º Agrônomo da Seção de Estatística Experimental e Análise Econômica do IPEACS e Pesquisador Assistente, bolsista, do CNPq.

⁵ Recentemente, levantamentos efetuados por Pereira Neto (1971), no Estado do Rio Grande do Sul, mostraram que o problema é idêntico neste Estado, pois 65,8% da cultura de arroz irrigado dependem de elevação mecânica da água.

QUADRO 1. Dados relativos à cultura do arroz e à aplicação do tratamento por inundação contínua (I.C.)

Anos agrícolas	Datas				
	Semeaduras	Germinações	Início das irrigações	Drenagens finais	Início das colheitas
1964/65	7.12.64	16.12.64	26.12.64	12.4.65	17.4.65
1965/66	18.11.65	29.11.65	9.12.65	6.4.66	11.4.66
1966/67	1.12.66	7.12.66	21.12.66	2.4.67	7.4.67

QUADRO 2. Resultados médios das análises químicas dos solos usados nos experimentos, nos três anos da pesquisa

Anos agrícolas	pH	P (ppm)	K (ppm)	Ca ⁺⁺ Mg ⁺⁺ (mE/100 cm ³)	Al ⁺⁺⁺ (mE/100 cm ³)	N (%)	C (%)	Humus (%)	Relação C/N
1964/65	5,4	3,3	70	7,4	—	0,21	1,86	3,22	8,85
1965/66	5,2	2,8	62	7,0	—	0,18	1,75	2,35	9,70
1966/67	5,0	1,0	41	6,7	1,9	0,16	1,60	2,40	10,00

(I.C.), que foram designados para as parcelas no delineamento experimental. Cada parcela foi dividida em subparcelas ocupadas pelas cultivares, tendo cada uma quatro fileiras de 6 m de comprimento, espaçadas de 0,30 m, vindo a corresponder a uma área de 7,20 m², considerada como útil; foram colocadas fileiras de bordadura apenas em torno das parcelas, completando assim os tabuleiros. Estes, de 15 x 8 m, foram separados uns dos outros por diques ou marachas, perfeitamente compactadas, e tiveram o solo convenientemente sistematizado, a fim de permitir uma distribuição uniforme da água.

A semeadura foi realizada nas fileiras, usando-se 100 kg de sementes por hectare.

As datas de semeadura, germinação, início de irrigação, drenagem final e início da colheita do tratamento irrigação por inundação contínua (I.C.), nos três anos de execução do trabalho, acham-se no Quadro 1, onde pode ser observado que o início da irrigação foi em torno de 12 dias após a germinação*.

A espessura da lâmina d'água foi de 0,20 m, já recomendada para a região da Baixada Fluminense e adjacências (Duarte 1963), e a drenagem final foi efetuada cinco dias antes da colheita.

A dotação de água para o tratamento U.S. foi estimada em função das características físico-mecânicas do solo (Mendes *et al.* 1954), da profundidade média (0,35 m) do horizonte "clay pan", que foi tomada como limite inferior para a saturação, e da eficiência do processo de irrigação a ser usado ($\pm 50\%$). Tal estimativa indicou uma demanda aproximada de 80 l/m²/rega ou seja 800 m³/ha/rega.

Para o tratamento I.C., o consumo de água foi calculado levando-se em conta que a prática irrigatória seria realizada por um período médio de 109 dias, para

uma eficiência de rega também de $\pm 50\%$, prevendo-se uma demanda de 16.952 m³/ha, por ano agrícola. Esta demanda foi baseada nas determinações de uso consuntivo que um dos autores está realizando, *in situ*, desde 1959, para as condições edafo-climáticas da Baixada Fluminense, e que já forneceram indicações, embora sujeitas a pequenos ajustamentos, da ordem de 1,8 l/s/ha.

Entretanto, face à ocorrência de regulares precipitações pluviáis no período experimental ao longo dos três anos de investigação, o tratamento U.C. praticamente não foi efetuado, pois o solo se manteve, permanentemente, com elevado teor de umidade, dispensando as programadas regas de socorro. Todavia, durante o ano agrícola 1966/67, embora as precipitações mensais tenham sido maiores do que as dos anos anteriores, tornou-se necessária uma suplementação de água ao terreno, em virtude da irregular distribuição das chuvas no período.

Anualmente análises químicas do solo foram efetuadas sobre amostras extraídas nas diferentes parcelas, sempre nas vésperas da instalação do experimento. Os resultados dessas análises, realizadas pela Seção de Solos do IPEACS, acham-se no Quadro 2 e revelam níveis relativamente baixos para todos os macronutrientes.

Em virtude do baixo índice de produção registrado nos dois primeiros anos da investigação, foi realizada no ano agrícola 1966/67 uma adubação completa NPK, uniforme para todas as parcelas experimentais, em cobertura, na base de 300, 150 e 50 kg/ha de sulfato de amônio, superfosfato de cálcio simples e cloreto de potássio, respectivamente.

Foram necessárias duas capinas nas parcelas componentes do tratamento U.S., enquanto que nas do tratamento I.C. foi excelente o controle de ervas daninhas, dispensando, portanto, o referido trato cultural.

Os elementos meteorológicos de maior interesse foram registrados durante o transcorrer da investigação e os resultados dessas observações acham-se reunidos no Quadro 3.

* Em trabalho posterior (Duarte 1969), foi verificado que a melhor época para se iniciar a prática irrigatória na região gira em torno de 20 a 30 dias após a germinação das plantas.

QUADRO 3. Dados climatológicos registrados pela Estação Meteorológica Agrícola do IPEACS, durante o período experimental (novembro ou dezembro a abril dos anos de 1964 a 1967)

Meses	1964/65				1965/66				1966/67			
	Chuvas (mm)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Insoleção total (horas)	Chuvas (mm)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Insoleção total (horas)	Chuvas (mm)	Temperatura média (°C)	Umidade relativa (%)	Insoleção total (horas)
Novembro	—	—	—	—	34,5 ^a	24,5 ^a	76,1 ^a	66,7 ^a	—	—	—	—
Dezembro	138,6 ^b	24,1 ^b	80,8 ^b	104,5 ^b	182,5	27,0	74,4	193,1	275,5	26,2	76,1	183,6
Janeiro	282,0	24,5	79,5	122,1	348,8	27,0	75,5	206,9	426,5	26,3	78,4	166,0
Fevereiro	226,2	25,7	79,4	125,5	152,5	28,3	66,1	252,3	252,7	27,4	75,7	214,0
Março	101,1	24,3	80,0	167,3	349,0	26,1	74,0	201,9	378,6	25,5	80,8	165,6
Abril	31,2 ^c	24,3 ^c	74,1 ^c	126,8 ^c	82,4 ^d	23,2 ^d	84,3 ^d	32,6 ^d	26,8 ^e	26,1 ^e	77,4 ^e	62,3 ^e

^a Apenas 12 dias (18 a 30.11.65).

^b Apenas 24 dias (7 a 31.12.64).

^c Apenas 17 dias (1 a 17.4.65).

^d Apenas 11 dias (1 a 11.4.66).

^e Apenas 7 dias (1 a 7.4.67).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos três anos (Quadro 4) mostrou diferença altamente significativa entre as modalidades de irrigação, independentemente de cultivares. A modalidade por inundação contínua (I.C.) proporcionou um aumento de 187% na produção, que foi de 2.385 kg/ha contra apenas 831 kg/ha obtidos no sistema de umedecimento até a saturação do solo.

A cultivar De Abril, com uma produção de 3.222 kg/ha como média de três anos, destacou-se amplamente das demais, resultado até certo ponto esperado, face ao seu já conhecido e elevado índice de produtividade (Duarte 1961, 1963), confirmado por Duarte (1969) e Duarte e Costa (1971). Aliás, nas análises dos dados de cada ano, essa cultivar sempre apresentou rendimentos mais elevados que os das demais, o que pode ser constatado no Quadro 5.

QUADRO 4. Quadrados médios e suas significâncias nas análises de cada ano e na conjunta dos três anos, participando desta última somente as sete cultivares testadas nos três anos

Fontes de variação	1964/65 Q.M.	1965/66 Q.M.	1966/67 Q.M.	Conjunta dos três anos
Sistema de Irrigação	20.214.010**	19.159.031**	272.261**	52.626.576**
Anos	—	—	—	1.678.572*
Sist. Irrig. x Anos	—	—	—	111.459
Resíduo (a)	118.342	291.855	1.321	364.628
Cultivares	1.240.624**	2.343.361**	31.563**	7.269.206**
Sist. Irrig. x Cult.	975.993**	765.759**	7.630**	2.314.377**
Anos x Cultivares	—	—	—	509.046**
Sist. Irrig. x Anos x Cult.	—	—	—	207.721
Resíduo (b)	234.966	137.204	907	148.543
C.V. (%)	a=12 b=50	a=18 b=38	a=8 b=22	a=7 b=33
D.M.S. (kg/ha)	1.282	900	832	540

* = significância a 5% de probabilidade, ** = significância a 1% de probabilidade.

QUADRO 5. Rendimentos médios (kg/ha) apresentados pelas cultivares, nos dois sistemas de irrigação e nos três anos de pesquisa

Cultivares	1964/65			1965/66			1966/67			Médias dos três anos		
	I.C. ^a	U.S.	Média	I.C.	U.S.	Média	I.C.	U.S.	Média	I.C.	U.S.	Média
Amarelo 33-3	1.038	698	868	1.278	604	941	1.833	837	1.335	1.383	713	1.048
De Abril	4.125	844	2.484	4.955	1.611	3.283	5.299	2.500	3.899	4.793	1.552	3.222
Dourado Precoce	—	—	—	760	233	497	—	—	—	—	—	—
Híbrido	—	—	—	2.396	353	1.377	3.315	767	2.024	—	—	—
H-12-V-13	2.139	646	1.392	1.787	677	1.233	1.184	642	913	1.703	655	1.179
IAC-435	—	—	—	—	—	—	3.670	1.562	2.616	—	—	—
IAMG-1	2.059	537	1.298	1.417	667	1.042	1.403	851	1.127	1.626	685	1.156
Iguape Agulha	—	—	—	—	—	—	2.118	1.021	1.569	—	—	—
Reg. IPEACS 1322	1.948	743	1.346	2.642	812	1.727	2.909	1.420	2.165	2.500	992	1.746
R.D. Aromatic	2.965	361	1.663	1.941	507	1.224	3.586	885	2.236	2.831	584	1.708
7-V-8	1.056	444	750	1.392	649	1.021	—	—	—	—	—	—
7-V-10	1.731	299	1.015	1.642	500	1.071	2.208	802	1.503	1.860	634	1.197
Médias	2.133	572	1.352	2.021	662	1.342	2.752	1.129	1.941	2.385	831	1.603

^a I.C. = irrigação por inundação contínua, U.S. = umedecimento até a saturação do solo.

A alta significância encontrada para a interação sistemas de irrigação x cultivares (Quadro 4) veio indicar que, apesar de todas as cultivares terem apresentado produções mais elevadas no sistema de irrigação por inundação contínua, houve comportamento diverso das cultivares dentro de cada sistema (Quadro 5).

Houve efeito significativo para anos, destacando-se a produção do ano agrícola 1966/67, relativamente aos demais, o que se atribui à adubação NPK, que foi aplicada uniformemente em toda a área experimental.

Quanto à economia de água, nos dois primeiros anos foi de 100%, visto não terem sido necessárias as programadas suplementações de água ao solo, e no último ano agrícola (1966/67), de 95,4%, pois o tratamento por inundação contínua consumiu 840 m³ de água e o de umedecimento periódico apenas 38,4 m³; isso resultou em uma economia média de 98,5%, nos três anos de investigação.

Admitindo-se que o custo do metro cúbico de água possa ser aproximadamente o mesmo estimado para a cultura do arroz na chamada região C do país (parte dos Estados de Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, São Paulo e a totalidade dos Estados do Espírito Santo, Rio de Janeiro e Guanabara), pelo Grupo que elaborou o Plano Nacional de Irrigação (GEIDA 1970), isto é, aproximadamente Cr\$ 0,08, teríamos com o tratamento I.C. uma despesa de Cr\$ 1.356,16/ha, pois 1,8 l/s/ha (dotação estabelecida para o referido tratamento) equivalem a 16.952 m³/ha, em 109 dias de irrigação permanente. Com o tratamento umedecimento até a saturação do solo (U.S.), teríamos 98,5% a menos, ou seja, 254,3 m³/ha, representando Cr\$ 20,00/ha, aproximadamente. Como neste tratamento duas capinas são praticamente imprescindíveis, é necessário acrescentar o custo deste trato cultural, que é de Cr\$ 50,00, levando-se em conta que na região rizícola fluminense predomina a capina manual e que um homem gasta 5 dias, em média, para realizar essa tarefa em um hectare, ao preço de Cr\$ 5,00 por dia.

Portanto, comparando-se o custo da água nas duas modalidades de irrigação, verifica-se que o umedecimento até a saturação do solo (U.S.) propiciou uma economia de Cr\$ 1.286,16, em relação à modalidade de irrigação por inundação contínua (I.C.). Porém, em virtude de este último sistema ter propiciado acréscimos médios de rendimento de 1.554 kg/ha (Quadro 5), ou sejam, de 26 sacos de 60 kg/ha, ao preço aproximado de Cr\$ 32,00 por saco (fixado pelo Governo para esta região na safra de 1972/73), correspondendo a Cr\$ 832,00, tal economia se reduz a Cr\$ 454,16/ha, em favor do sistema de irrigação por umedecimento periódico.

É importante esclarecer que o acréscimo médio de 54 sacos/ha, obtido com o processo de inundação contínua para a cultivar De Abril (Quadro 5), compensa plenamente o uso de tal modalidade de manejo d'água, deixando um lucro médio para o rizicultor de Cr\$ 371,84/ha.

Admitindo-se, por hipótese, que não tivessem ocorrido chuvas ao longo dos 109 dias em que as parcelas do trabalho I.C. foram irrigadas, e considerando o uso consuntivo da água como sendo de 8 mm/dia, teríamos então de irrigar em turnos de 10 dias as parcelas do tratamento umedecimento até a saturação (U.S.), já

que estimamos a respectiva dotação de água em 80 mm/rega. Baseado nesta hipótese, seriam necessárias 11 regas e a demanda total seria de 422 m³, o que daria uma economia de 418 m³, ou seja, de aproximadamente 50%, em relação a modalidade de irrigação por submersão contínua. Neste caso a demanda atingiria 8.476 m³/ha correspondendo a Cr\$ 678,00/ha, que acrescidos do custo das capinas somariam Cr\$ 728,00/ha, deixando um saldo positivo para o rizicultor de Cr\$ 628,00/ha, que se anularia em face dos acréscimos de rendimento propiciados pela modalidade de irrigação por inundação contínua.

A hipótese levantada foi apenas a título de ilustração, visto a mesma ser muito pouco razoável de se verificar na região, face ao regime das precipitações.

CONCLUSÕES

Do exposto, nas condições em que foram realizados os experimentos, pode-se concluir que:

- todas as cultivares estudadas apresentaram maiores produções no sistema de irrigação por inundação contínua, tendo se destacado das demais a De Abril, independentemente das modalidades de manejo d'água, com um rendimento médio de 3.222 kg/ha;
- a modalidade de irrigação por inundação contínua propiciou um aumento médio de 187% na produção, relativamente ao processo de umedecimento até a saturação do solo (2.385 kg/ha contra 831 kg/ha);
- a economia de água foi de 98,5% a favor do sistema de regas de socorro, deixando um lucro líquido de Cr\$ 454,00 por hectare para o rizicultor, isto em média dos três anos;
- a cultivar De Abril, com um acréscimo médio de rendimento da ordem de 54 sacos/ha, compensou plenamente o uso de irrigação por inundação contínua, deixando um lucro médio de Cr\$ 372,00 por hectare.

REFERÊNCIAS

- Duarte, E.F. 1961. Resultados experimentais de competição de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), com e sem irrigação, na Baixada Fluminense. Comun. téc. 15, Inst. Ecol. Exp. Agrícolas, Min. Agricultura, Rio de Janeiro, p. 13.
- Duarte, E.F. 1963. Competição de variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), em diferentes níveis de água, para a cultura irrigada por inundação intermitente, nas condições ecológicas da Baixada Fluminense. Agronomia, Rio de J., 21(3-4):97-114.
- Duarte, E.F. 1969. Estudo de épocas de início de irrigação com cinco variedades de arroz (*Oryza sativa* L.), na Baixada Fluminense. Pesq. agropec. bras. 4:39-45.
- Duarte, E.F. & Costa, F.A. 1971. Estudo das modalidades de irrigação por inundação contínua ou permanente e periódica ou intermitente, com nove cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.), na Baixada Fluminense. Pesq. agropec. bras., Sér. Agron., 6:253-264.
- Grupo Executivo de Irrigação para o Desenvolvimento Agrícola. 1970. Plano Nacional de Irrigação. Fase I. — Diagnóstico Preliminar, D.B. 3-24.
- Mendes, W., Lemos P.O.C., Carvalho, O.L.G. & Rosenburg, R.J. 1954. Contribuição ao mapeamento, em séries, dos solos do Município de Itaguaí. Bolm 12, Inst. Ecol. Exp. Agrícolas, Min. Agricultura, Rio de Janeiro, p. 53.
- Pereira Netto, J.A. 1971. Custo atual da irrigação com elevação mecânica para a lavoura de arroz através de grandes sistemas de irrigação. Anais II Semin. Nac. Irrigação, Min. Int., SUDESUL, GEIDA, Porto Alegre, p. 343-367.

ABSTRACT.- Duarte, E.F.; Britto, D.P.P.de S.; Meneguelli, C.A. [Effects on rice yield of two systems of irrigation: continuous flooding and soil saturation, in the "Baixada Fluminense"]. Efeitos dos sistemas de irrigação por inundação contínua e sob forma de umedecimento do solo até a saturação, sobre cultivares de (*Oryza sativa*), na Baixada Fluminense. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Série Agronomia* (1974) 9, 107-111 [Pt, en] IPEACS, Km 47, Rio de Janeiro, GB, ZC-26, Brazil.

The yield responses of 12 rices cultivars to two different systems of irrigation were studied for three years on a hydromorphic soil of the "Guander" series located in Itaguaí, Rio de Janeiro. The systems of irrigation were: (1) continuous flooding; and (2) intermittent irrigation to the point of soil saturation. The first system is that commonly used by farmers in the area, but is more costly than the second system. The experimental design was a split-plot, randomized complete block with four replications.

Three-year averages revealed that continuous flooding yielded 187% more rough rice than the intermittent system, where the soil was saturated but not flooded. Yields, averaged over three years and all cultivars, were 2,395 and 831 kg/ha, respectively, for the two irrigation systems.

All 12 cultivars yielded better under continuous flooding than intermittent irrigation. Under both irrigation systems highest yields were obtained with the "De Abril" cultivar, which had a three-year average yield of 3,222 kg/ha of rough rice. Economic analysis of yield data revealed that under continuous flooding only the "De Abril" cultivar yield were profitable and provided a return of Cr\$ 371.84 per hectare. In comparison, the system of irrigating only to the point of soil saturation utilized an average of 98.5% less water and average profit obtained with the 12 cultivars was Cr\$ 454.16 per hectare.

Additional index words: Agricultural engineering.