

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA
CAMPUS ITAQUI
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DE CÁRTAMO
SUBMETIDO A DIFERENTES DURAÇÕES DE
ESTRESSE HÍDRICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Mateus Cancian

**Itaqui, RS, Brasil
2012**

MATEUS CANCIAN

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DE CÁRTAMO SUBMETIDO A
DIFERENTES DURAÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do grau de **Engenheiro Agrônomo**.

Orientador: Prof. Dr. Cleber Maus Alberto

Itaqui, RS, Brasil
2012

Cancian, Mateus

Componentes de rendimento de cártamo submetido a diferentes durações de estresse hídrico /Mateus Cancian. 01/11/2012.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia)

Universidade Federal do Pampa, Itaqui 2012. Orientação: Prof. Dr. Cleber Maus Alberto

1. Tolerância. 2. Água. 3. Produtividade.

Alberto, Cleber Maus. Componentes de rendimento de cártamo submetido a diferentes durações de estresse hídrico.

MATEUS CANCIAN

**COMPONENTES DE RENDIMENTO DE CÁRTAMO SUBMETIDO A
DIFERENTES DURAÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Graduação em
Agronomia da Universidade Federal do
Pampa (UNIPAMPA), como requisito
parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de conclusão de curso defendido e aprovado em: 01 de novembro de
2012.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Cleber Maus Alberto
Orientador/Presidente
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Guilherme Ribeiro
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

Prof. Dr. Juan Saavedra del Aguila
Curso de Agronomia - UNIPAMPA

DEDICO este trabalho À DEUS por ter me dado vida, paz, saúde, amizades e felicidade além do dom mais precioso, o “pensar”. Aos meus pais Ilto Cancian (minha maior inspiração) e Helena Baratto Cancian e ao meu irmão Rafael Cancian pela paciência, amor, afeto, dedicação, compreensão e o principal a educação, e ainda a todas as pessoas que contribuíram e a todas aquelas que acreditam que a ousadia e o erro são caminhos para grandes realizações.

AGRADECIMENTO

À DEUS sobre tudo em minha vida, por tudo o que me proporcionou, pois se hoje sou algo é graças ao intermédio Dele.

À Santa Clara, minha Santa protetora.

Aos meus pais Ilto Cancian e Helena Baratto Cancian que foram incansáveis guerreiros para minha educação, felicidade e formação, onde essa índole que possuo hoje é grande parte atribuída a eles.

Ao Prof. Dr. Cleber Maus Alberto, pelas orientações, confiança depositada em mim, apoio, e principalmente pela grande amizade.

Aos Profs. Drs. Cleber Maus Alberto, Fabiana Cristina Missau, Jacques Leão, Cristiano Ricardo Jesse, Júlio César Mendes Soares, Zilda Baratto Vendrame e Paula Rossini Augusti por todas as caronas concedidas, fica aqui o meu muito obrigado.

À todas as caronas, das pessoas que sem conhecer paravam em trevos ou ofereciam carona, o meu muito obrigado.

À Universidade Federal do Pampa, principalmente ao Campus Itaqui, por todos os amigos e realização do curso.

Aos professores da Universidade Federal do Pampa, pela extensão dos conhecimentos que me proporcionaram.

Aos funcionários da Universidade Federal do Pampa, principalmente ao Felipe Batista Ethur pela dedicação, paciência e ajuda e a Dona Sandra pelos lanches e amizade.

Ao colega e grande amigo Alexandro Lunkes pela ajuda nos experimentos e amizade.

Aos amigos do Laboratório de Química da Universidade Federal do Pampa, o meu muito obrigado pela amizade.

À todos os meus colegas por tudo o que passamos, nos momentos bons e ruins, onde pude aprender com cada um deles, e em especial aos que hoje posso chamar de Amigos.

Àqueles que torceram pelo meu insucesso, onde forças maiores intercederam, me proporcionando o êxito.

Àqueles que torceram pelo meu sucesso, que eu nunca venha a desapontá-los.

À todos os meus GRANDES amigos, em especial: Peter Prevedello, Cristiane Tirloni, Cauê Ferreira Pires, Alexandro Lunkes, Thiago Pfeifer, Alcides Ramos, Aéssio Binotto, Pablo Lauter, Diogo Balbé Helgueira, Camila Thums, Darlene Curti, Vinicius Dias, Juliano Ritter e Paulo Avelar, pela amizade construída ao longo da vida, pelas brincadeiras, descontrações, incentivos nos momentos mais difíceis.

A todos os familiares e amigos que, de forma direta ou indireta, deram sua contribuição para que eu chegasse até aqui.

FICA AQUI O MEU MUITO OBRIGADO!!!!

“Os nossos maiores problemas não estão nos obstáculos do nosso caminho, mas sim na escolha da direção errada”.

Augusto Cury

RESUMO

COMPONENTES DE RENDIMENTO DE CÁRTAMO SUBMETIDO A DIFERENTES DURAÇÕES DE ESTRESSE HÍDRICO

Autor: Mateus Cancian

Orientador: Prof. Dr. Cleber Maus Alberto

Local e data: Itaquí, 01 de novembro de 2012.

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), pertencente a família das asteráceas, é originário da Ásia onde é cultivado a milhares de anos. A principal utilização do cártamo é como óleo comestível, pois possui altos teores de óleos em suas sementes. O cártamo é uma planta que oferece elevada resistência à falta de água, as altas temperaturas, aos ventos fortes e quentes, e à baixa umidade relativa do ar. O objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade de grãos de cártamo e seus componentes, em diferentes durações de déficit hídrico e excesso hídrico no solo. Foram conduzidos dois experimentos com baldes de PVC em casa de vegetação com diferentes durações de estresse hídrico (excesso e déficit hídrico). O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro períodos de duração do excesso hídrico (0, 5, 10 e 15 dias) e cinco períodos de duração do déficit hídrico (0, 5, 10, 15 e 20 dias), com 4 repetições, totalizando 36 baldes de PVC. Duas semanas após a emergência foram demarcadas quatro plantas por balde, onde foram determinados os componentes de produtividade de grãos (número de capítulos planta⁻¹, número de sementes capítulo⁻¹, produção de sementes planta⁻¹ e peso de 1000 sementes). Em condições de excesso hídrico ocorreu queda acentuada nos componentes de produtividade de grãos. Já no déficit hídrico observa-se que a cultura do cártamo não resiste a deficiência hídrica a períodos igual ou superior a 20 dias.

Palavras-chave: tolerância, água e produtividade.

ABSTRACT

YIELD COMPONENTS OF SAFFLOWER UNDER DIFFERENT DURATIONS OF WATER STRESS

Author: Mateus Cancian

Advisor: Prof. Dr. Cleber Maus Alberto

Place and date: Itaquí, November 01, 2012.

The safflower (*Carthamus tinctorius* L.), belonging to the family Asteraceae, is native of Asia where it is grown for thousands of years. The primary use of edible oil such as safflower is because it has high levels of oils in their seeds. The safflower is a plant that offers high resistance to drought, high temperatures, high winds and hot, and low relative humidity. The aim of this study was to determine grain yield and its components of safflower in different durations of drought and excess soil water. Two experiments were conducted with buckets of PVC in a greenhouse with different durations of water stress (drought and excess). The experimental design was completely randomized with four durations of excess water (0, 5, 10 and 15 days) and five duration periods of drought (0, 5, 10, 15 and 20 days), with 4 replicates making 36 buckets of PVC. Two weeks after emergence were demarcated four plants per bucket, where it was determined the components of yield (number of chapters plant⁻¹, number of seeds chapter⁻¹, seed yield plant⁻¹ and weight of 1000 seeds). In conditions of excess water was sharp decline in grain yield components. Already in water deficit is observed that the culture of safflower does not withstand drought stress periods less than 20 days.

Keywords: tolerance, water and productivity.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – Temperatura diária máxima e mínima (°C) durante o experimento (29/9/2011 a 11/01/2012). Itaquí, RS, 2012.....	22
FIGURA 2 – Umidade relativa do ar diária máxima e mínima durante o experimento (29/9/2011 a 11/01/2012). Itaquí, RS, 2012.....	23
FIGURA 3 – Número de capítulos planta ⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	24
FIGURA 4 – Número de sementes capítulo ⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	26
FIGURA 5 – Produção de sementes planta ⁻¹ (g) em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	27
FIGURA 6 – Peso de 1000 sementes (g) de cártamo em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de déficit hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	28
FIGURA 7 – Número de capítulos planta ⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	29
FIGURA 8 – Número de sementes capítulo ⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	30
FIGURA 9 – Produção de sementes planta ⁻¹ (g) em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	31
FIGURA 10 – Peso de 1000 sementes (g) de cártamo em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de excesso hídrico. Itaquí, RS, 2012.....	32

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 MATERIAL E MÉTODOS	20
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
3.1 Déficit hídrico.....	22
3.2 Excesso hídrico	28
4 CONCLUSÃO	33
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	34

1 INTRODUÇÃO

O cártamo (*Carthamus tinctorius* L.), pertencente a família Compositae ou Asteraceae, é originário da Ásia onde é cultivado a milhares de anos (YAU; RYAN, 2010). Ao redor do mundo foram cultivados aproximadamente 731.971 hectares de cártamo com produção de 653.791 toneladas sendo o continente asiático o maior produtor. O maior produtor mundial é a Índia (189.000 t) seguida por Estados Unidos (109.756 t), Argentina (86.991 t), Cazaquistão (78.000 t) e China (34.000 t). O país com maior produtividade de grãos é a China com 2518,5 kg ha⁻¹ e o país onde é mais cultivada a cultura do cártamo é a Índia (300.000 ha), seguida por Cazaquistão (104.000 ha), Argentina (96.968 ha), Estados Unidos (66.976 ha) e Turquia (21.515 ha) (FAO, 2011).

O cártamo é uma planta herbácea, anual, ramificada, com numerosos espinhos sobre folhas e brácteas. O caule é alongado de forma rápida e com ramificações. Cada caule termina em um capítulo, com flor classificada como globular cercada por brácteas, que são tipicamente espinhosas. Os capítulos desenvolvidos contêm aproximadamente 15 a 30 aquênios. Os aquênios são geralmente de cor branca, com massa média de 0,030 a 0,045 g e possuem pericarpo espesso. Os aquênios de variedades comuns são formados de 33-60% de casca e 40-67% de núcleo, e o teor de óleo varia de 30 a 50% de toda a semente (DAJUE; MÜNDEL, 1996). A altura da planta varia entre 30 e 150 cm, a raiz é extremamente robusta, o caule produz ramificações em número variável, cada ramificação produz de 1 a 5 capítulos de cor amarela, laranja ou vermelha. A produtividade varia de 1000 a 3000 kg ha⁻¹ (DAJUE; MÜNDEL, 1996; OELKE et al., 1992).

A principal utilização do cártamo é como óleo comestível, pois possui altos teores de óleos em suas sementes, mas pode ser utilizado também como forragem na alimentação animal (EKIN, 2005). Também pode ser utilizado como corante pela indústria têxtil, alimentícia e de cosméticos (EKIN, 2005) e como biocombustível e biolubrificante (YAU; RYAN, 2010).

Em todo o mundo, o cártamo é cultivado principalmente para uso como óleo comestível e margarina (SMITH, 1996). O óleo de cártamo contém a seguinte composição dos ácidos na semente: cerca de 6 a 8% de ácido palmítico, 2 a 3% de ácido esteárico, 16 a 20% ácido oléico e 71 a 75% de ácido linoléico (NAGARAJ,

2001). O teor de ácido linoléico é o maior entre todos os tipos de óleos vegetais (DAJUE; MÜNDEL, 1996). Uma das características químicas mais importantes deste óleo é a sua poliinsaturação (NAGARAJ, 2001).

O cártamo é uma excelente planta forrageira, apresenta boa palatabilidade e o seu valor de alimentação (valor bruto e nutrientes digestivos totais) e rendimento são semelhantes ou melhores a de cereais. A resteva de cártamo é altamente desejada pelos bovinos, ovinos e caprinos (LANDAUA et al., 2004). No Brasil, suas sementes são utilizadas como alimento para pássaros e suas flores frescas ou secas, são utilizadas para fins ornamentais (STRECK et al., 2005). No Rio Grande do Sul, o cártamo é uma cultura relativamente recente, sendo explorado para fins ornamentais.

A temperatura e a quantidade de água disponível são os principais fatores que afetam o crescimento e o desenvolvimento das culturas ao redor do mundo. No cártamo a quantidade de água disponível, além da produtividade afeta também o teor de óleo das sementes. A irrigação durante todo o ciclo da planta pode causar uma pequena redução no teor de óleo do cártamo. Porém, aumenta significativamente a qualidade da composição de óleo em cártamo (ASHRAFI; RAZMJOO, 2010). Embora o cártamo se adapte a uma gama de condições climáticas (YAU, 2004), é necessário o estudo sobre déficit hídrico e excesso (saturação) hídrico dessa cultura para maximizar o seu potencial produtivo.

Em qualquer lugar que as plantas cresçam e se desenvolvam, estarão sujeitas a condições de múltiplas adversidades, conhecidas como estresse, termo definido como “desvio das condições ótimas para o crescimento, os quais limitarão, além do próprio crescimento, o seu desenvolvimento e suas chances de sobrevivência” (LARCHER, 2004).

O estresse pode ser causado por fatores de origem biótica (plantas, microorganismos e animais) e abiótica, ocasionado principalmente por condições meteorológicas como radiação solar, temperatura, água e gases ou minerais e efeitos mecânicos (LARCHER, 2004). A ocorrência do estresse pode ser devido ao excesso ou à falta de determinado fator que atua no crescimento e desenvolvimento das plantas (JONES, 1992).

As respostas morfológicas, fisiológicas e moleculares das plantas submetidas ao estresse hídrico podem ser complexas, e dependem do estágio de

desenvolvimento da planta, além da duração, severidade e natureza do estresse (VIDAL et al., 2005).

De maneira geral, o estresse induz a mudanças nos processos fisiológicos provocadas por uma combinação de fatores biológicos, com potencialidades para produzir danos no metabolismo das plantas. Estes podem ser expressos pela redução no crescimento e no rendimento ou na morte das plantas ou parte das mesmas (HALE; ORCUTT, 1987). Com isso, o rendimento potencial das plantas, ou dos cultivos, pode ser afetado pelo estresse, levando a disparidade entre o rendimento potencial e o real (MONTHEIT; ELSTON, 1993). A deficiência hídrica é uma situação frequente à produção de muitas culturas, podendo gerar impacto negativo e expressivo ao crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (LECOEUR; SINCLAIR, 1996; FISCHER; TURNER, 1978).

Sob condição de estresse por déficit hídrico do solo, a planta pode diminuir a perda de água por meio da redução da abertura estomática, a qual induzirá menor absorção de CO₂, gerando efeitos negativos sobre a taxa de fotossíntese e, conseqüentemente, reflexos indesejáveis sobre o vigor e a altura da planta, fertilidade do grão de pólen e produtividade, dentre outros (BOTA et al., 2004). Para NGUYEN et al. (1997), os mecanismos fisiológicos de tolerância à seca estão relacionados ao uso moderado da água pela planta, redução da área foliar, controle da perda de água pelas folhas e habilidade das raízes em explorar camadas mais profundas do solo.

O ácido indolacético (AIA) atuam sobre a parede celular do vegetal, provocando sua distensão e, conseqüentemente, o seu crescimento. Contudo, os seus efeitos são bastante variados, dependendo de fatores como local de atuação e concentração, podendo assim ter efeitos antagônicos. São responsáveis pelo crescimento de raízes e caules, através do alongamento das células recém-formadas nos meristemas, porém a sensibilidade das células varia de um órgão da planta para outro, e é afetado pela deficiência hídrica (TAIZ; ZEIGER, 2004).

A abscisão durante o estresse hídrico resulta em grande parte da síntese acentuada e da sensibilidade ao etileno, um hormônio vegetal endógeno. O etileno é produzido em quase todas as células da planta adulta, sendo removido dos tecidos por difusão na atmosfera que cerca a planta. Nas plantas, um dos grandes efeitos do etileno é na abscisão foliar quando o órgão está velho. A diminuição da quantidade do ácido indolacético ou AIA (auxina mais abundante) produzido na folha promove o

aumento dos níveis do etileno no tecido. O aumento dos níveis de etileno promove a formação da camada de abscisão e a perda da folha. O etileno é o principal hormônio afetado pelo excesso hídrico (TAIZ; ZEIGER, 2004).

Segundo BERGAMASCHI (1992), o déficit hídrico afeta praticamente todos os aspectos relacionados ao crescimento das culturas: reduz a área foliar (por diminuir o crescimento ou pela morte das folhas), diminui a fotossíntese (devido à diminuição da área foliar, murchamento e enrolamento de folhas e fechamento dos estômatos) e afeta vários outros processos, tais como brotação, polinização, absorção de nutrientes e translocação de fotossintatos.

Para PRISCO (1986), como a produtividade vegetal depende principalmente do processo fotossintético, qualquer mecanismo de resistência à seca que afete esse processo, reduz a produtividade dos vegetais. Enquanto, HSAIO (1973) relata que dentre as respostas dos vegetais à deficiência hídrica a expansão da parte aérea é a mais sensível. Já TEARE e PEET (1983) constataram que a diminuição da área foliar afeta a fotossíntese e a produtividade das plantas.

A deficiência hídrica tanto pode enfraquecer as funções vitais como estimular reações adaptativas que capacitem as plantas a sobreviverem em períodos prolongados de estresse. A maioria das reações adaptativas visam manter o crescimento e a reprodução da planta em ambientes com limitação na disponibilidade hídrica (PEREZ, 1998).

Já o excesso hídrico ocorre quando o volume decorrente de precipitações ou irrigação supera o volume que pode ser drenado, situação comum em solos de baixa condutividade hidráulica, como os solos onde são cultivados o arroz irrigado no Rio Grande do Sul. O grau de tolerância ao excesso hídrico depende da espécie (HEATHERLY; PRINGLE, 1991; VANTOAI et al., 1994; THOMAS et al., 2000). Porém, mesmo as variedades mais tolerantes apresentam prejuízos quando ocorrem situações severas de excesso hídrico no solo (CORNELIUS et al., 2006).

A capacidade de drenagem é uma das principais características do solo que pode afetar o desenvolvimento e rendimento das plantas, visto que o excesso de água armazenada na faixa de solo explorada pelo sistema radicular das plantas, afeta diretamente a taxa respiratória. Nestas condições, o excesso de umidade interfere na aeração do solo, diminuindo a disponibilidade de oxigênio para a planta (SÁ et al., 2004).

As espécies sensíveis ao excesso hídrico desenvolvem vários sintomas, os mais comuns são a abscisão de folhas, flores e frutos, clorose nas folhas, redução no comprimento das raízes, redução no crescimento em altura, inibição da formação de primórdios foliares, redução na expansão foliar e até mesmo morte das plantas (ARMSTRONG et al., 1994; KOZLOWSKI, 1997). O murchamento é geralmente o primeiro sintoma que aparece em plantas sujeitas à inundação (HADDAD et al., 2000).

O estresse está diretamente ligado ao crescimento, desenvolvimento e produtividade das plantas. De acordo com ORTOLANI e CAMARGO (1987) sem se considerar os efeitos extremos, o estresse é responsável por 60 a 70% da variabilidade final da produção, razão pela qual, é necessário efetuar estudos sobre o estresse tanto por deficiência como pela saturação hídrica. Assim, o objetivo deste trabalho foi determinar a produtividade de grãos de cártamo e seus componentes em diferentes durações de déficit e excesso hídrico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, instalada na área experimental da Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), (Latitude: 29°09'21.68"S; Longitude: 56°33'02.58"W; altitude: 74 m), no município de Itaqui, Rio Grande do Sul. Este município apresenta clima subtropical sem estação seca definida (Cfa), segundo a classificação de Köppen (WREGE et al., 2011).

O solo utilizado como substrato foi um solo classificado como Luvisolo crômico pálico (EMBRAPA, 2006), coletado na área experimental da agronomia, na camada de 0 a 20 cm de profundidade e seco ao ar, peneirado em peneira com 4 mm de malha e colocado em vasos de PVC.

A adubação corretiva do nível de fertilidade do solo foi efetuada de acordo com a análise química do solo e realizada de acordo com o Manual de Adubação e de Calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (2004), utilizando-se a recomendação para a cultura do girassol, devido esta cultura ser da mesma família. A adubação realizada foi 1,75 gramas da fórmula 5-20-20 e 1 g de superfosfato simples por balde de PVC com volume de 10 L, trinta (30) dias após a emergência foi aplicado 0,6 g de uréia por balde de PVC em cobertura.

Os tratamentos culturais, como controle de insetos, doenças e plantas invasoras foram realizados sempre que necessário, de forma a evitar o estresse por estes fatores. As sementes foram tratadas com Vitavax Thiram 200 SC (Carboxina e Thiram) e Cruiser 350 FS (Tiametoxam), em seguida, foram semeadas 25 sementes em cada vaso (30/08/2011). Uma semana após a emergência (08/09/2011) foi realizado o raleio das plantas deixando seis plantas por vaso.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado. Foram realizados dois experimentos um com diferentes durações de déficit hídrico (0, 5, 10, 15 e 20 dias) e outro com diferentes durações de excesso hídrico (0, 5, 10 e 15 dias) com 4 repetições, totalizando 36 vasos.

No tratamento 0 (testemunha), a irrigação foi realizada manualmente conforme a necessidade da cultura, com o auxílio de tensiômetros. Os tensiômetros foram instalados a 10 cm de profundidade em todos os vasos das testemunhas e sua função era saber o momento correto para se efetuar a irrigação. Quando a leitura no tensiômetro foi próxima a -0,4 bar foi efetuada a irrigação dos baldes. Também foram instalados tensiômetros em dois baldes de cada tratamento do déficit hídrico, para estabelecer o momento correto do início da aplicação dos tratamentos

de déficit hídrico. Nos baldes que foram submetidos ao excesso hídrico, a irrigação foi controlada visualmente. A aplicação do excesso hídrico (saturação) e déficit hídrico do solo foi realizada no início da elongação das plantas (02/10/2011 excesso hídrico e 03/10/2011 déficit hídrico). Para aplicação dos tratamentos de saturação hídrica do solo elevou-se a água 2 cm acima da superfície do solo em cada balde. A lâmina da água foi controlada duas vezes ao dia, com o auxílio de uma régua. O término dos tratamentos foi considerado quando não havia mais lâmina de água sobre a superfície dos baldes. Para a medida da temperatura e umidade foi instalado um termohigrômetro com datalogger dentro da casa de vegetação.

A data de emergência das plantas foi considerada quando 50% das plantas estavam visíveis acima do nível do solo. Duas semanas após a emergência foram demarcadas quatro plantas por balde, para posteriormente, serem realizadas as avaliações dos componentes de produtividade de grãos (número de capítulos planta⁻¹, número de sementes capítulo⁻¹, e a produção de sementes planta⁻¹).

Após a maturidade fisiológica efetuou-se a colheita (16 e 22/12/2011 e 4/01/2012), sendo colhidos separadamente cada capítulo e acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados. Após os capítulos foram colocados em estufa de circulação de ar forçada a 50°C, e determinado o grau de umidade, para posterior quantificação da produtividade e pesagem em balança analítica.

Os dados foram submetidos à análise de variância, por meio do uso do programa estatístico SISVAR, versão 4.0 (FERREIRA, 2008). Tanto para o déficit hídrico como para o excesso hídrico, os valores das variáveis, número de capítulos e número de sementes foram previamente transformados pela fórmula $(x + 1)^{0.5}$.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Déficit hídrico

Os dados de temperatura e umidade relativa do ar foram medidos diariamente no termohigrômetro. Os dados de temperatura diária máxima e mínima estão apresentados na Figura 1, enquanto os dados de umidade relativa diária máxima e mínima durante o experimento estão apresentados na Figura 2.

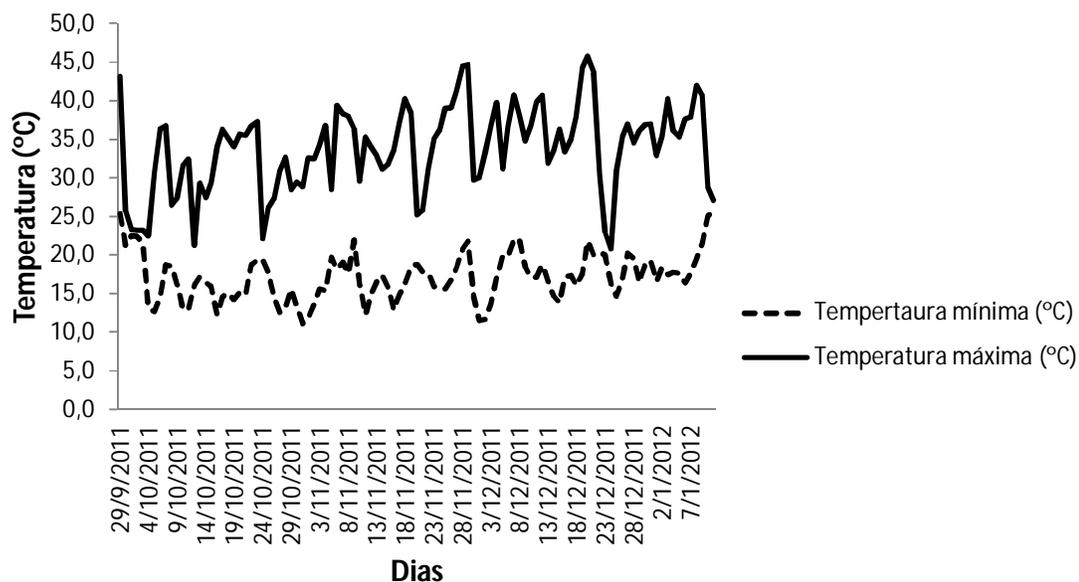


Figura 1. Temperatura diária máxima e mínima (°C) durante o experimento (29/9/2011 a 11/01/2012). Itaqui, RS, 2012.

Pode ser visto na Figura 1 que a temperatura mínima e máxima durante a condução do experimento variou de 11,1°C a 45,8°C nos dias 31/10/2011 e 20/12/2011. A temperatura média durante o experimento foi de 25,5°C.

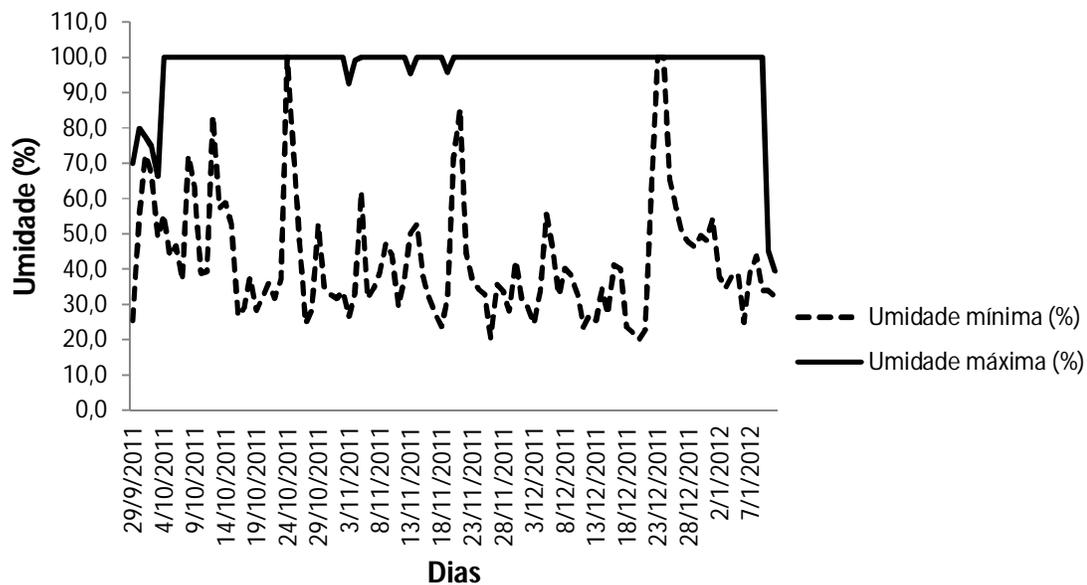


Figura 2. Umidade relativa diária do ar máxima e mínima durante o experimento (29/9/2011 a 11/01/2012). Itaqui, RS, 2012.

A umidade relativa do ar mínima e máxima durante a condução do experimento variou de 19,9% a 100% nos dias 20/12/2011 e 23, 24, 27 e 31/12/2011 (Figura 2). A umidade relativa média durante o experimento foi de 69,9%.

Houve diferença significativa para todas as variáveis avaliadas neste trabalho, com 0,01% de probabilidade.

Observa-se que (Figura 3) o maior número de capítulos planta⁻¹ de cártamo foi 1,59 encontrado no período de duração do déficit hídrico de 5,8 dias.

Nota-se também que no tratamento com duração de 20 dias de déficit hídrico não houve a produção de capítulos, pois ocorreu a morte das plantas devido o estresse por déficit hídrico. Pode-se observar que com a deficiência hídrica ocorreu queda acentuada no número de capítulos planta⁻¹ após os 15 dias de estresse. Isto também foi verificado em trabalho realizado por BELAYQUE et al. (1996) na cultura do girassol, que após 15 dias de estresse por deficiência hídrica ocorreu queda acentuada no número de capítulos planta⁻¹. SADASIVAM et al., (1988) relataram também, que o estresse por deficiência hídrica por períodos superiores a 15 dias causam queda no rendimento de grãos, através da redução do número de vagens planta⁻¹, na cultura do feijão. Verifica-se, portanto, que as plantas de cártamo não resistem à deficiência hídrica no período igual ou superior a 20 dias.

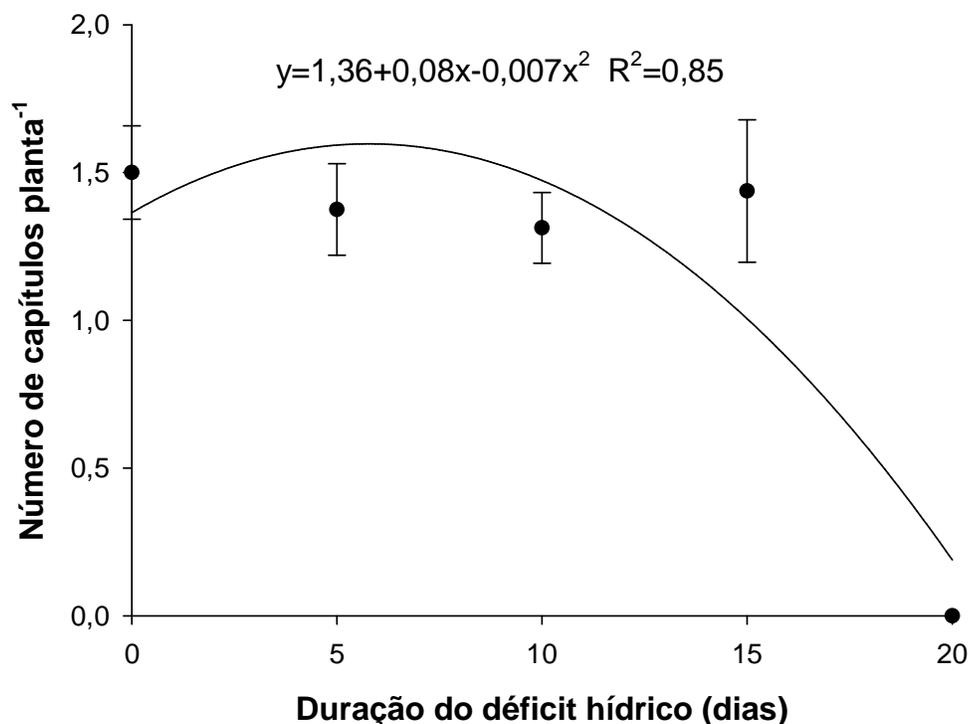


Figura 3. Número de capítulos planta⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaquí, RS, 2012.

Na Figura 4 observa-se que o maior número de sementes capítulo⁻¹ (18,1) foi encontrado no período de duração do déficit hídrico de 5,1 dias. Observa-se que a partir de 10 dias de duração do déficit hídrico ocorreu uma queda acentuada no número de sementes capítulo⁻¹. Sendo que, no tratamento de 20 dias de duração do déficit hídrico não houve produção de sementes já que ocorreu a morte das plantas neste tratamento. Segundo trabalho de CIRILO e ANDRADE (1994) o número de grãos por espiga no milho dependerá das condições fisiológicas da planta no florescimento, das condições climáticas durante o período de enchimento de grãos, e do estresse por deficiência hídrica, que afetam a produção e a formação dos grãos, ocorrendo à queda de rendimento com períodos maiores de duração do déficit hídrico.

De acordo com KINIRY & RITCHIE (1985) durações de estresse por déficit hídrico superior a 12 dias causam perdas de 38% no número de sementes por espiga no milho. As investigações de NEY et al. (1994) também, demonstraram que um déficit hídrico superior a 10 dias provoca redução do número de sementes espiga⁻¹ na cultura do milho. Neste trabalho observou-se que períodos de déficit hídrico superior a 10 dias causam perdas de produtividade na cultura do cártamo.

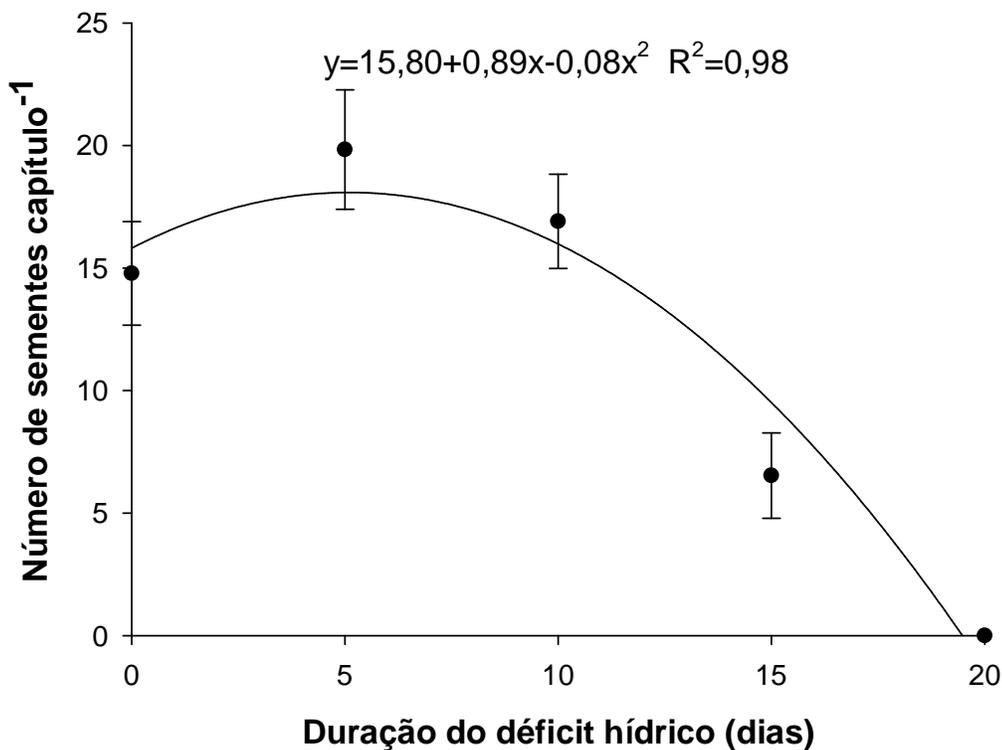


Figura 4. Número de sementes capítulo⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaqui, RS, 2012.

Observa-se na Figura 5 que a maior produção de sementes planta⁻¹ foi 0,71 encontrado no período de duração do déficit hídrico de 3,98 dias. Nota-se também que a partir de 10 dias de duração do déficit hídrico a produção de sementes planta⁻¹ decresce acentuadamente. A consequência primária do déficit hídrico no rendimento de grãos ocorre devido à redução na expansão das folhas, à redução do aproveitamento dos nutrientes do solo e à redução na área fotossintética das plantas (CLAASSEN; SHAW, 1970).

Segundo ISTANBULLUOGLU (2009) o rendimento de grãos de cártamo é significativamente afetado pelo déficit hídrico no solo. O estresse durante o período vegetativo da cultura do cártamo resultou em acentuada redução na produção de grãos.

Estes resultados não concordam com GOCMEN et al. (2009), devido ter sido diferente o método para determinar o momento da irrigação, que obtiveram a maior produtividade no tratamento com irrigação em todo o ciclo da cultura, estágio vegetativo, florescimento e enchimento de grão (VFY) que foi 3,74 t ha⁻¹. O

tratamento irrigado somente no estágio vegetativo e florescimento foi o segundo a apresentar o maior rendimento $3,61 \text{ t ha}^{-1}$, seguido do tratamento irrigado no estágio vegetativo e enchimento de grão $3,17 \text{ t ha}^{-1}$. Quando a irrigação foi realizada somente em uma fase do ciclo da cultura, a irrigação realizada na fase vegetativa foi a que apresentou o maior rendimento de grãos comparado com as outras, em torno de $3,01 \text{ t ha}^{-1}$. O menor rendimento encontrado foi quando a irrigação foi cortada na fase de florescimento da cultura.

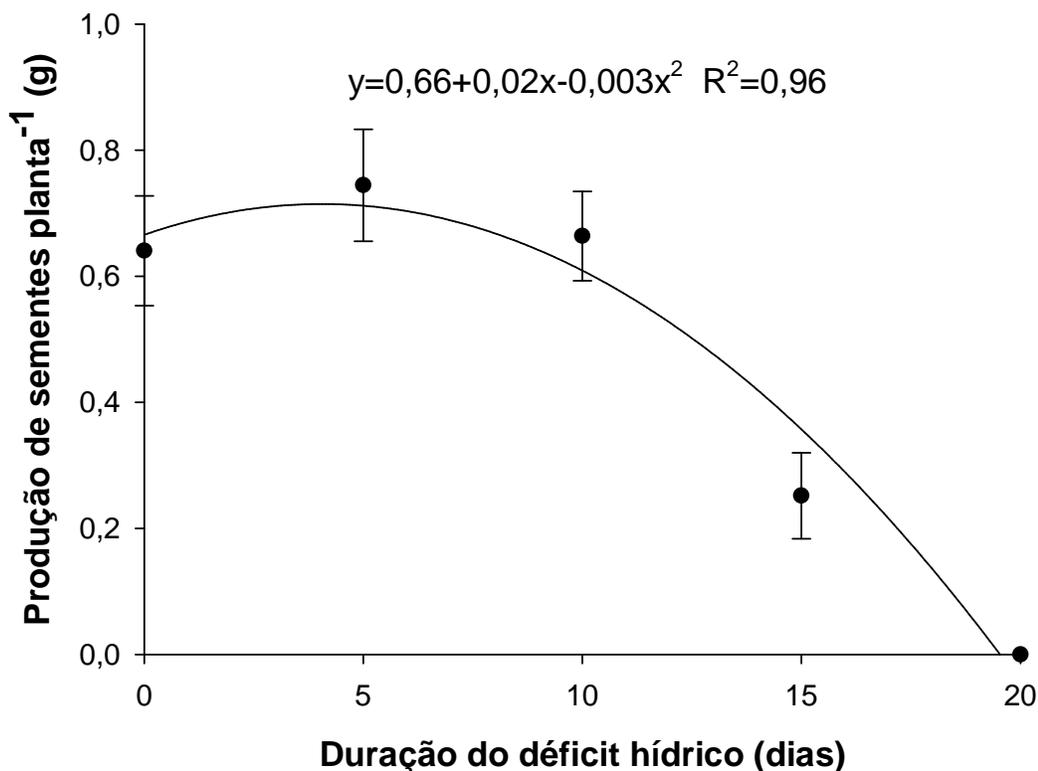


Figura 5. Produção de sementes planta⁻¹ (g) em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de duração do déficit hídrico. Itaqui, RS, 2012.

A Figura 6 apresenta o peso de 1000 sementes, sendo superior no tratamento 0 (testemunha), onde não ocorreu estresse por déficit hídrico. O peso de 1000 sementes no tratamento 0 (testemunha) foi de 45,36 g. Constata-se que a partir de 10 dias de déficit hídrico ocorreu diminuição acentuada no peso de 1000 sementes de cártamo.

Isto também foi verificado em trabalho realizado por ISTANBULLUOGLU (2009), para o peso de 1000 sementes de cártamo obteve-se o maior valor (55 g) no

tratamento em que a irrigação foi realizada durante todo o ciclo da cultura (vegetativo, florescimento e enchimento de grão).

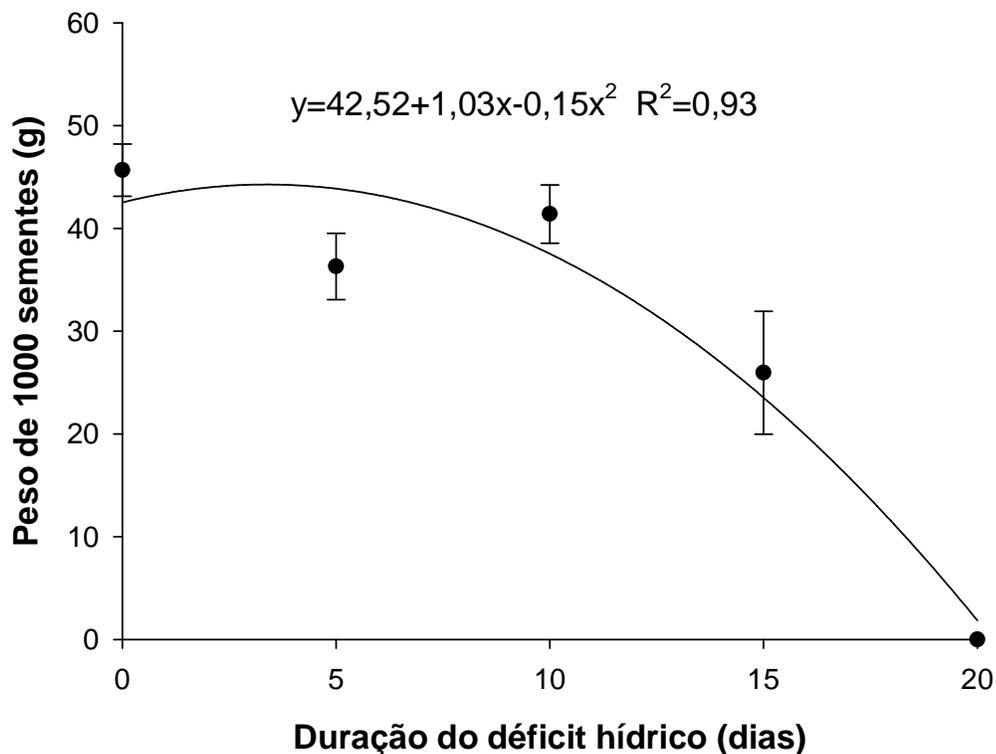


Figura 6. Peso de 1000 sementes (g) de cártamo em relação aos tratamentos de 0, 5, 10, 15 e 20 dias de déficit hídrico. Itaqui, RS, 2012.

3.2 Excesso hídrico

Houve diferença significativa para todas as variáveis avaliadas neste trabalho, com 0,01% de probabilidade.

O número de capítulos planta⁻¹ foi superior no tratamento 0 (testemunha), onde não ocorreu estresse por excesso hídrico (Figura 7). O número de capítulos planta⁻¹ na testemunha foi de 1,78. Nos tratamentos 10 e 15 dias de excesso hídrico ocorreu à morte das plantas, observou-se que as plantas de cártamo não toleraram o excesso hídrico do solo por um período igual ou superior a 10 dias. Os resultados deste trabalho concordam com OELKE et al. (1992), em que a cultura do cártamo não tolera excesso de umidade no solo em nenhuma fase do seu ciclo.

Essa queda no número de capítulos planta⁻¹ no tratamento de 5 dias de saturação hídrica, pode ser atribuída a queda de flores, pois foi observado queda

das flores nas plantas as quais sobreviveram ao excesso hídrico. Segundo LUXMOORE et al. (1973), a queda de flores, é resultado da saturação hídrica do solo, que ocorre devido à redução de oxigênio, e conseqüentemente assim, diminuem a produtividade.

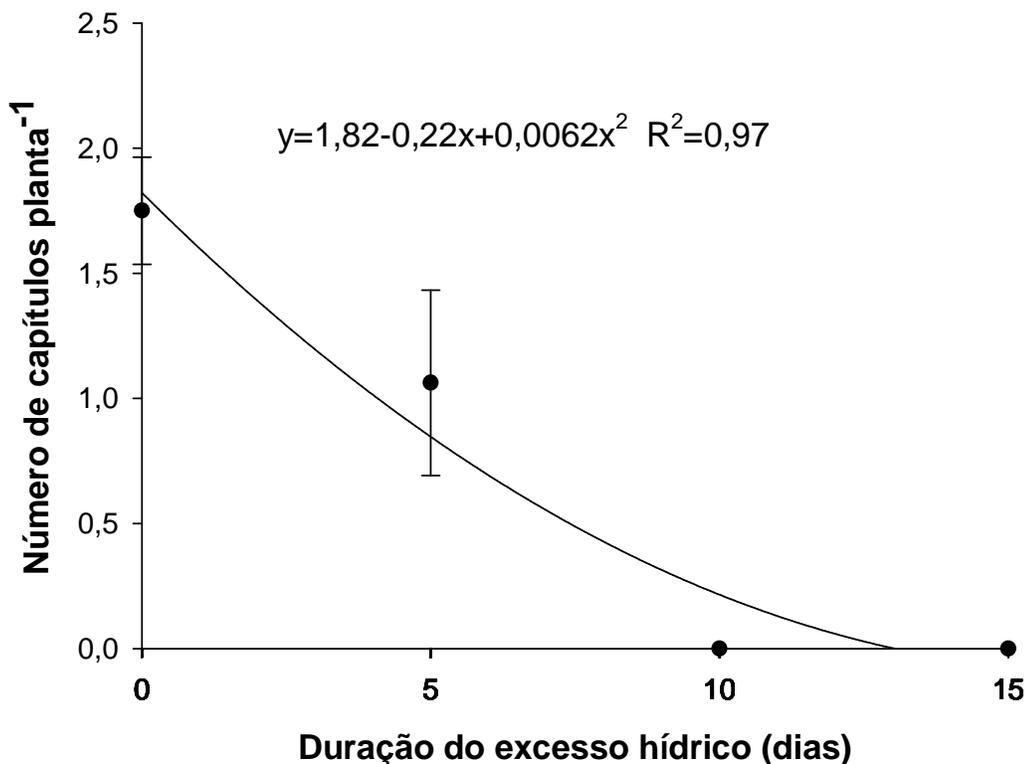


Figura 7. Número de capítulos planta⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaqui, RS, 2012.

Observa-se na Figura 8 que o número de sementes capítulo⁻¹ foi superior na testemunha (19,19), onde não ocorreu estresse por excesso hídrico.

Resultados similares foram encontrados em soja por SCHÖFFEL et al. (2001), onde o número médio de sementes por legume foi significativamente maior quando não ocorreu estresse por saturação hídrica do solo.

A morte das plantas submetidas ao excesso hídrico pode estar associada as condições de drenagem pobre do solo que estão sempre acompanhadas de deficiência de oxigênio, o que causa uma redução da respiração e do volume total das raízes e formação de compostos tóxicos no solo e na planta. Isso causa a morte das células, morte das raízes, chegando a ocorrer a morte das plantas. Os danos

sofridos pela planta dependem de sua suscetibilidade às condições adversas do meio.

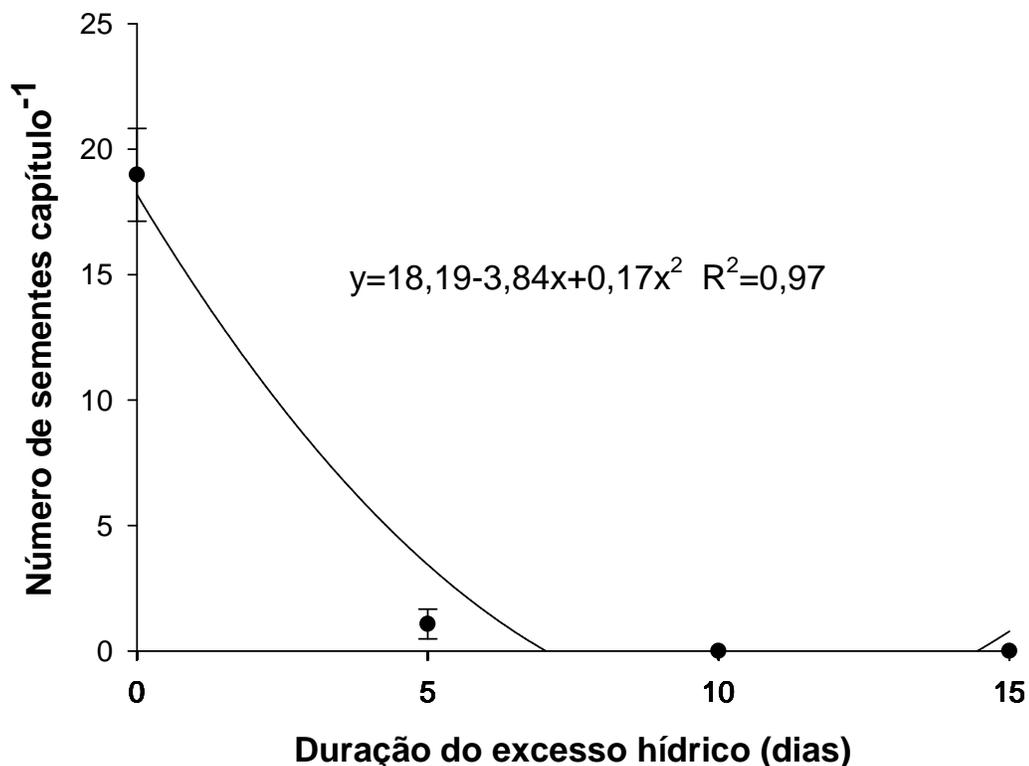


Figura 8. Número de sementes capítulo⁻¹ em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaqui, RS, 2012.

Observa-se na Figura 9 que a produção de sementes planta⁻¹ foi superior no tratamento 0 (testemunha), onde não ocorreu estresse por excesso hídrico. A produção de sementes planta⁻¹ na testemunha foi de 0,70 gramas.

Para SCOTT et al. (1989), a saturação hídrica do solo por um período de 5 dias, no estágio vegetativo do desenvolvimento da soja, promove redução de 82% na produção de sementes planta⁻¹.

O excesso de água no solo produz efeitos anatômicos e morfológicos nas plantas. Para KRIZEK (1992), esses efeitos podem incluir a redução da alongação, clorose, senescência, abscisão das folhas mais baixas, murchamento, hipertrofias, formação de raízes adventícias na porção mais baixa do colmo, formação de lenticelas e aerênquima, enrolamento de folhas e declínio na taxa de crescimento. Neste trabalho, verifica-se que as plantas que sofreram estresse por excesso

hídrico, apresentaram clorose, abscisão de folhas e flores, redução no comprimento das raízes, redução no crescimento em altura, ocorrendo à morte da maioria das plantas.

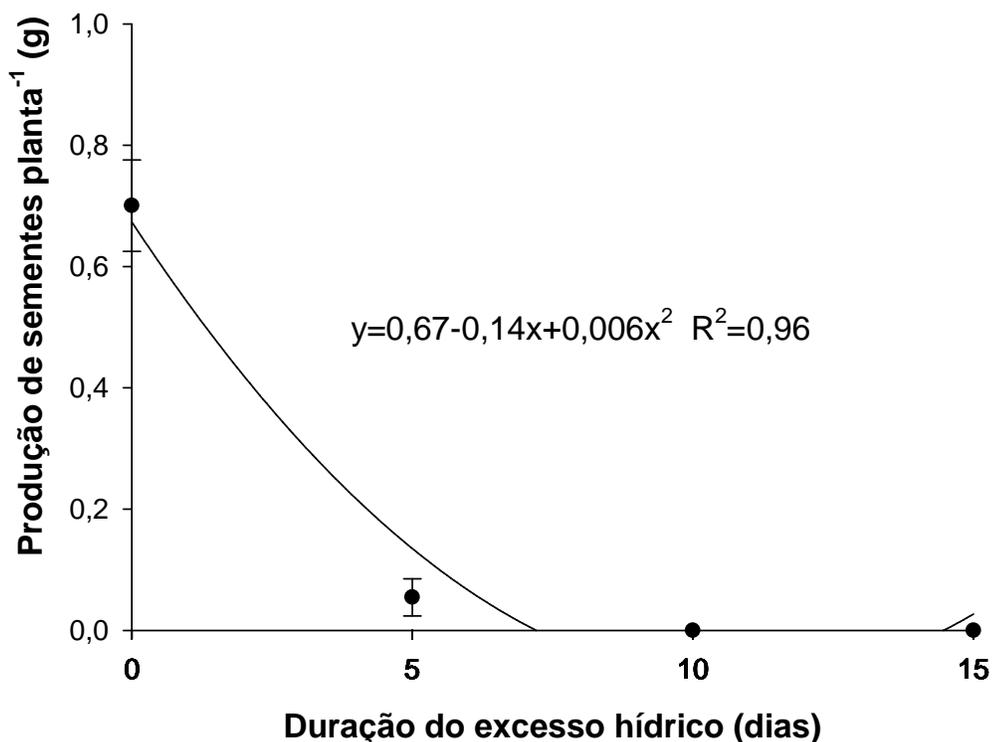


Figura 9. Produção de sementes planta⁻¹ (g) em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de duração do excesso hídrico. Itaqui, RS, 2012.

Observa-se na Figura 10 que o peso de 1000 sementes foi superior no tratamento 0 (testemunha), onde não ocorreu estresse por excesso hídrico. O peso de 1000 sementes no tratamento 0 (testemunha) foi 38,25 gramas. Observa-se também que a cultura do cártamo é muito sensível ao excesso hídrico, e que a saturação hídrica do solo ocasiona uma queda acentuada no peso de 1000 sementes da cultura.

Isto também foi verificado em trabalho realizado por SIONIT e KRAMER (1977) e GRIFFIN e SAXTON (1988), o peso de 100 sementes de soja decaiu independentemente da fase de desenvolvimento da planta em que ocorre a saturação hídrica do solo. Essa redução no peso de 100 sementes pode ser atribuída à redução na absorção de nutrientes (LUTHIN, 1967; WESSELING et., 1974; CARLESSO, 1995), à redução na zona de exploração de raízes (CÔRTE

FILHO, 1984; KLUDZE et al., 1993), à redução de área foliar e à baixa translocação de fotoassimilados na planta estressada (SIONIT; KRAMER, 1977; TAIZ; ZEIGER, 2004; SALISBURY; ROSS, 1992).

Observa-se que no experimento de déficit hídrico um período de deficiência hídrica moderado de aproximadamente 5 dias favoreceu os componentes de produtividade da cultura do cártamo. E ainda, a partir de 10 dias de duração do déficit hídrico ocorre queda na produtividade de cártamo. Já no experimento de excesso hídrico constatou-se que a cultura do cártamo é muito sensível, e que com qualquer duração de excesso hídrico ocorre queda acentuada de produtividade da cultura.

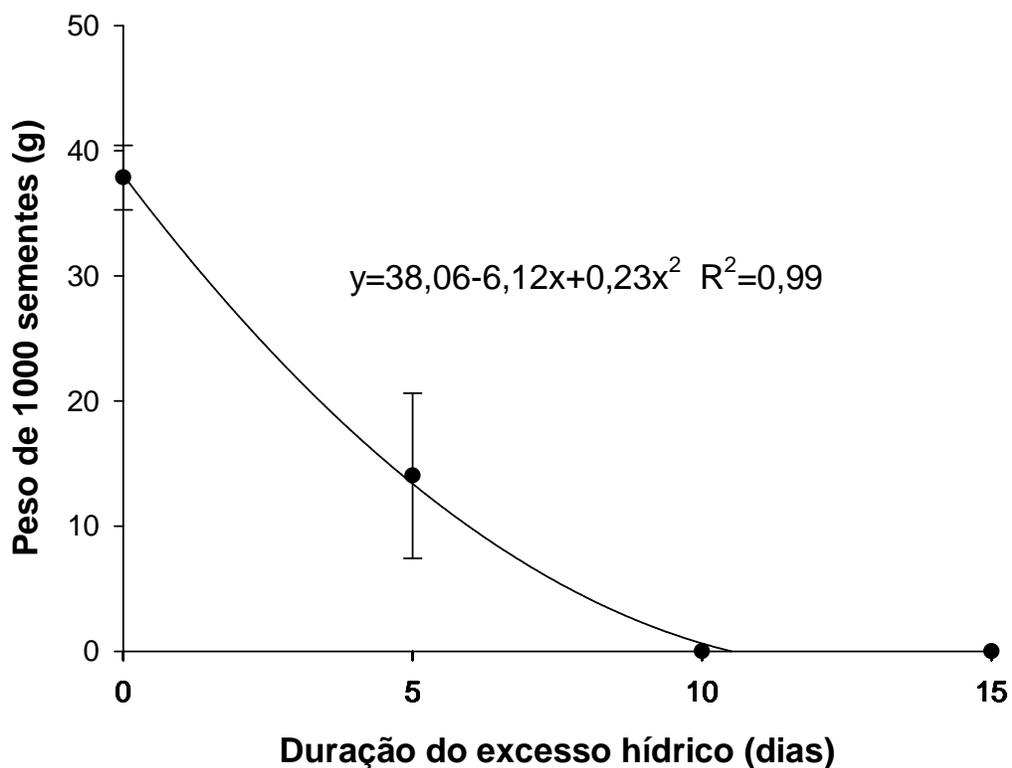


Figura 10. Peso de 1000 sementes (g) de cártamo em relação aos tratamentos de 0, 5, 10 e 15 dias de excesso hídrico. Itaqui, RS, 2012.

4 CONCLUSÃO

Não há produção de grãos com duração de déficit hídrico igual ou superior à 20 dias, sendo que o componente que apresenta maior redução é o número de sementes capítulo⁻¹.

Em condições de excesso hídrico ocorre queda acentuada nos componentes de produtividade de grãos, sendo que com uma duração de excesso hídrico acima de 10 dias não há produção de grãos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARMSTRONG, W. et al. Mechanisms of flood tolerance in plants. **Acta Botanica Neerlandica**, v. 43, p. 307-358, 1994.

ASHRAFI, E.; RAZMJOO, K. Effect of irrigation regimes on oil content and composition of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v. 87, p. 499-506, 2010.

BELAYGUE, C. et al. Contribution of leaf expansion, rates of leaf appearance, and stolon branching to growth of plant leaf area under water deficit in white clover. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 1240- 1246, 1996.

BERGAMASCHI, H. Desenvolvimento de déficit hídrico em culturas. In: BERGAMASCHI, H. (Coord.). **Agrometeorologia aplicada à Irrigação**, Porto Alegre: Ed. UFRGS, p.25-32, 1992.

BOTA, J. et al. Is photosynthesis limited by decreased Rubisco activity and RuBP content under progressive water stress. **New Phytologist**, v. 162, p. 671–681, 2004.

CARLESSO, R. **Drenagem e aeração do solo**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, p. 61, 1995.

CIRILO, A.G.; ANDRADE F.H. Sowing date and maize productivity: I. Crop growth and dry matter partitioning. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 1039-1043, 1994.

CLAASSEN, M.M.; SHAW, R.H. Water deficit effects on corn. II Grain components. **Agronomy Journal**, Madison, n. 62, p. 652-655, 1970.

CORNELIUS, B. et al. Yield potential and waterlogging tolerance of selected near-isogenic lines and recombinant inbred lines from two southern soybean populations. **Journal of Crop Improvement**, v. 16, p. 97-110, 2006.

CÔRTE FILHO, P.P. **Efeito de profundidades do nível freático em várzeas arrozeiras nos componentes da produção da soja.** Santa Maria. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, p. 60, 1984.

DAJUE, L.; MÜNDEL, H.H. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **International Plant Genetic Resources Institute**, P. 83, 1996.

EKIN, Z. Resurgence of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) utilization: A global View. **Journal of Agronomy**, v.4, p. 83-87, 2005.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2.ed. Rio de Janeiro, 2006.

FAO - FAOSTAT. **Safflower.** Roma: FAO, 2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org>. Acesso em: 10 de janeiro de 2011.

FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v .6, p. 36-41, 2008.

FISCHER, R. A.; TURNER, N. C. Plant productivity in the arid and semiarid zones. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 29, p. 277-317, 1978.

GOCMEN E. et al. Effects of water stress at different development stages on yield and water productivity of winter and summer safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Agricultural Water Management**, Turkey, p. 1429–1434, 2009.

GRIFFIN, J.L. e SAXTON, A.M. Response of solid-seeded soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 80, p. 885-888, 1988.

HALE, G.; ORCUTT, D. M. The physiology of plants under stress. **Drought stress**, New York, cap. 2, p. 206, 1987.

HEATHERLY, L. G.; PRINGLE, H.C.I. Soybean cultivar's response to flood irrigation of clay soil. **Agronomy Journal**, v. 83, p. 231-236, 1991.

HSAIO, T. C. Plant responses to water stress. **Annual Review of Plant Physiology**. v. 24, p. 70 -519, 1973.

ISTANBULLUOGLU, A. Effects of irrigation regimes on yield and water productivity of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under Mediterranean climatic conditions. **Agricultural Water Management**, Turkey, p.1792-1796, 2009.

JONES, H. G. Plant and Microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology. **Cambridge University Press**, Melbourne, v. 2, p. 428, 1992.

KINIRY, J.R.; RITCHIE, J.T. Shade-sensitive interval of kernel number of maize. **Agronomy Journal**, Madison, v. 77, p. 711-715, 1985.

KOZLOWSKI, T. T. Responses of wood plants to flooding and salinity. **Tree Physiology**, v.1, 1997. Disponível em: www.heronpublishing.com/tp/monograph/kozlowski.pdf. Acesso em: abril 2012.

KLUDZE, H.K., et al. Aerenchyma formation and methane and oxygen exchange in rice. **Soil Society of American Proceedings**, Madison, v. 57, n. 2, p. 386-391, 1993.

KRIZEK, D.T. Drenagem superficial para diversificação do uso do solo. **Respostas das plantas ao excesso de água**, v.2, p. 214-230, 1992.

LANDAUA, S. et al. The value of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) hay and silage grown under Mediterranean conditions as forage for dairy cattle. **Livestock Prod. Sci.**, v. 88, p. 263-271, 2004.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. São Carlos: Brasil, 2004.

LECOEUR, J. e SINCLAIR, R.T. Field pea transpiration and leaf growth in response to soil water deficits. **Crop Science**, Madison, v. 36, p. 331-335, 1996.

LUTHIN, J.N. **Drenaje de tierras agrícolas, teoría y aplicaciones**. México: Limusa Wiley, p. 685, 1967.

LUXMOORE, R.J., et al. Flooding and temperature affects on wheat during grain filling. **Agronomy Journal**, Madison, v. 65, n. 3, p. 361-364, 1973.

MANUAL DE ADUBAÇÃO E DE CALAGEM PARA OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E DE SANTA CATARINA. **Sociedade brasileira de ciência do solo. Comissão de química e fertilidade do solo**, Porto Alegre, Ed. 10, 2004.

MONTHEIT, J. L.; ELSTON, J. Climatic constraints on crop production. **Plant adaptation to environmental stress**, London, cap. 1, p. 1-106, 1993.

NAGARAJ, G. Nutritional characteristics of three Indian safflower cultivars. **Conf. Safflower**, USA, v. 5, p. 303, jul. 2001.

NEY, B. et al. Phenological response of pea to water stress during reproductive development. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 141-146, 1994.

NGUYEN, H. T. et al. Breeding for drought resistance in rice: physiology and molecular genetics considerations. **Crop Science**, v. 37, p. 1426- 1437, 1997.

ORTOLANI, A.A.; CAMARGO, M.B.P. Influência dos fatores climáticos na produção. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: Instituto da Potassa e Fosfato, p. 71-100, 1987.

OELKE, E.A. et al. Safflower. **Alternative Field Crops Manual**, 1992.

PEREZ, S.C.J.G. Crescimento e resistência à seca da algarobeira (*Prosopis juliflora* D.C.) cultivada em solo de cerrado, com ou sem adubo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 287-294, 1998.

PRISCO, J. T. Possibilidades de exploração de lavouras xerófilas no semi-árido Brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 333-342, abr. 1986.

SÁ, J. S. et al. Sensibilidade de plantas de soja ao rebaixamento do nível freático. **Irriga**, v. 10, n. 2, p.135-145, 2004.

SADASIVAM. R. et al. Response of Mungbean cultivars to soil moisture stress at different growth phases. **Mungbean Proceeding of the Second International Symposium**. p. 260-262, 1988.

SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. **Plant physiology**, Wadsworth, California, ed. 4, p. 682, 1992.

SCHÖFFEL E. R. et al. Excesso hídrico sobre os componentes do rendimento da cultura da soja. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 7-12, 2001.

SCOTT, H.D. et al. Flood duration effects on soybean growth and yield. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, p. 631-636, 1989.

SIONIT, N. e KRAMER, P.J. Effects of water stress during different stages of growth of soybean. **Agronomy Journal**, Madison, v. 69, p. 274-278, 1977.

SMITH, J. R. Safflower. **AOCS Press**, Champaign IL, USA, p. 624, 1996.

STRECK, N.A. et al. Estimating leaf appearance rate and phyllochron in safflower (*Carthamus tinctorius* L.). **Ciência Rural**, v. 35, n. 6, p. 1448-1450, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre: Artmed, Ed. 3, 2004.

TEARE, I.D.; PEET, M.M. **Crop –water relations**. New York, 1983.

THOMAS, A.L. et al. Rendimento de grãos de cultivares de soja em solo de várzea. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 6, n. 1, p. 107-112, 2000.

VANTOAI, T.T. et al. Genetic variability for flooding tolerance in soybeans. **Crop Science**, v. 34, p. 1112-1115, 1994.

VIDAL, M. S. et al. Déficit Hídrico: Aspectos Morfofisiológicos. **Embrapa**, Campina Grande, 2005. documentos 142, ISSN 0103-0205.

WESSELING, J. et al. Drenage de terrenos agrícolas en relación con los suelos y las plantas de cultivo. In: LUTHIN, J. N. **Drenage de tierras agrícolas - teorías y aplicaciones**, Limusa, México, ed. 2, p. 511-545, 1974.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático da Região Sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 1. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2011. 336p.

YAU, S.K. Safflower agronomic characters, yield and economic revenue in comparison with other rain-fed crops in a high elevation, semi-arid Mediterranean environment. **Experimental Agriculture**, v. 40, p. 453-462, 2004.

YAU, S.K.; RYAN, J. Response of rainfed safflower to nitrogen fertilization under Mediterranean conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 32, p. 318-323, 2010.