

不同生育期渍水对油菜农艺性状和产量的影响

杨奕涵^{1,2}, 马玉申^{1,2}, 揭红东^{1,2}, 赵龙^{1,2}, 揭雨成^{1,2*}

(1. 湖南农业大学农学院, 湖南长沙 410128; 2. 湖南省草类作物种质创新与利用工程技术研究中心, 湖南长沙 410128)

摘要 [目的]了解不同生育期渍水对油菜农艺性状和产量的影响。[方法]在湘北丘陵区(桃源县漆河镇)和平原湖区(安乡县双湖镇)开展了油菜花期、角果期渍水和不同渍水天数对油菜农艺性状和产量影响的大田试验。[结果]花期和角果期渍水处理对油菜千粒重、有效总株数影响较小,对油菜每角粒数、株高、单株有效角果数和产量影响较大。渍水 15 和 20 d 处理油菜每角粒数显著低于对照;渍水 15 和 20 d 处理油菜大部分株高和单株有效角果数都显著低于对照;两个试验点花期和角果期渍水处理油菜产量均比对照显著降低,且随着渍水天数延长,油菜减产幅度增大。[结论]在长江流域应选用耐渍性较强的油菜品种,以减轻渍害造成的产量损失。

关键词 油菜;生育期;渍水;农艺性状;产量

中图分类号 S634.3 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)16-0020-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.16.005



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Waterlogging at Different Growth Stages on Agronomic Characters and Yield of RapeseedYANG Yi-han^{1,2}, MA Yu-shen^{1,2}, JIE Hong-dong^{1,2} et al (1. College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha, Hunan 410128; 2. Hunan Grass Crop Germplasm Innovation and Utilization Engineering Technology Research Center, Changsha, Hunan 410128)

Abstract [Objective] The aim was to understand the effects of waterlogging at different growth stages on the agronomic characters and yield of rapeseed. [Method] Field experiments were carried out in the hilly area of northern Hunan (Qihe Town, Taoyuan County) and the plain lake area (Shuanghu Town, Anxiang County) to investigate the effects of waterlogging at flowering stage and pod-filling stage and different waterlogging days on agronomic characters and yield of rapeseed. [Result] Waterlogging treatment at flowering and pod-filling stages had little effect on 1 000-grain weight and effective total plant number of rapeseed, but had great effect on grain number per pod, plant height, effective pod number per plant and grain yield of rapeseed. The grain number per pod of rapeseed treated with waterlogging for 15 and 20 days was significantly lower than that of the control; most plant height and effective pod number per plant of rapeseed treated with waterlogging for 15 and 20 days were significantly lower than those of the control; the yield of rapeseed under waterlogging treatment at flowering and pod-filling stages in the two experimental sites was significantly lower than that of the control, and the yield reduction of rapeseed increased with the prolongation of waterlogging days. [Conclusion] Rapeseed varieties with stronger waterlogging tolerance should be selected in the Yangtze River Basin to reduce the yield loss caused by waterlogging.

Key words Rapeseed; Growth period; Waterlogging; Agronomic characters; Yield

长江中下游地区常采用水旱轮作的油菜种植模式,该区土壤黏重,排水困难,春季湿润多雨,易使油菜田形成渍害。土壤水分过饱和,作物生长发育受限,造成减产^[1-3]。因此,迫切要求在明确渍水对作物的危害以及渍水胁迫下作物的适应性反应的基础上采取适宜措施,以降低渍害对作物产量和品质造成的威胁。张学昆等^[4]研究表明,农艺措施有提高作物耐渍能力的作用。刘秋霞等^[5]研究表明,苗期渍水导致直播冬油菜产量损失 1.1%~41.9%,随氮肥用量增加,渍水引起的产量损失率呈先增加后降低趋势。云飞^[6]研究表明,耐渍性较强的油菜品种在春季渍害处理后粒重显著增加。解决渍害最有效的方法就是对现有品种的耐渍性进行遗传改良。油菜种质遗传多样性丰富,为选育耐渍性品种提供了基础。然而,如何从大量的遗传资源中快速有效地筛选出可利用的耐渍材料也是需要解决的问题^[7]。国内对油菜涝渍的研究大多数是在盆栽条件下,且针对油菜的易发生涝渍的时期和某一个年度,得出的结果可能与实际大田条件下差异较大。目前,针对在大田条件下并且重复多年各生育期涝渍对油菜生长及产量的影响及其致害机理的研究还比较少^[8]。

该研究设置了在大田条件下不同生育期及不同渍水天数试验,探讨渍水对油菜农艺性状和产量的影响,为油菜耐逆育种和栽培研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验概况 试验分别安排在湖南省安乡县双湖镇和桃源县漆河镇。油菜供试品种分别为安乡基地油菜种植品种沔油 823;桃源基地油菜种植品种沔油 737。前茬为一季晚稻,土壤肥力中等、黄壤土。安乡基地试验田于 2020 年 9 月 30 日左右播种,2021 年 5 月 4 日收获。桃源基地试验田于 2020 年 10 月 5 日左右播种,2021 年 5 月 6 日收获。播种方式:直播,基肥施 40% 复合肥(N-P-K: 20-10-10) 600 kg/hm²、施硼 6.0 kg/hm²;腊肥施用时间 12 月 26 日,施 45% 的复合肥 262.5 kg/hm²。油菜全生育期受阴雨寡照和渍害影响较为严重,寒害、冻害影响较小。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计。安乡基地采用随机区组排列设计,在油菜花期(2021 年 3 月 18 日开始)、角果期(2021 年 4 月 3 日开始)设置 3 个渍水处理(水面高出厢面 2 cm)(渍水 10、15、20 d),以正常水分管理为对照,重复 3 次,小区面积 20 m²。桃源基地采用随机区组排列设计,在油菜花期(2021 年 3 月 20 日开始)、角果期(2021 年 4 月 7 日开始)设置 3 个渍水处理(水面高出厢面 2 cm)(渍水 10、15、20 d),以正常水分管理方式为对照,重复 3 次,小区面积 20 m²。

基金项目 国家重点研发计划项目子课题(2019YFD1002205-3)。**作者简介** 杨奕涵(1999—),女,湖南岳阳人,硕士研究生,研究方向:饲用作物逆境生物学。*通信作者,教授,博导,从事作物种质创新与利用研究。**收稿日期** 2021-10-07

1.2.2 性状考察。收获时,分别从安乡和桃源基地每个小区随机挑选 10 株具有代表性的植株进行性状测定,包括株高、株数、分枝数、角果数、每角果粒数、千粒重,同时每个小区单独收获、称重。

2 结果与分析

2.1 渍水处理对农艺性状的影响 农艺性状调查结果表明(表 1~2),与 CK(正常水分管理)相比,渍水处理对油菜千粒重、有效总株数影响较小,渍水不同天数处理间差异不显著。

表 1 渍水处理对安乡基地沔油 823 农艺性状和产量的影响

Table 1 Effects of waterlogging treatment on agronomic characters and yield of Fengyou 823 in Anxiang base

生育期 Growth period	处理 Treatment	株高 Plant height cm	一次有效 分枝数 Number of primary effective branches 个/株	有效 角果数 Effective pod number per plant 个/株	无效角果数 Number of invalid pods 个/株	角粒数 Grain number per pod 粒/个	千粒重 1 000- grain weight g	有效总株数 Effective total plant number 万株/hm ²	籽粒产量 Grain yield kg/hm ²	较 CK 增减 Increase or decrease compared with CK %
花期 Flowering stage	CK	141.20± 7.61 a	6.10± 1.04 a	150.67± 3.81 a	11.80± 7.26 b	20.50± 0.51 a	3.85± 0.12 a	33.15± 0.01 a	3 618.75± 5.04 a	
	渍水 10 d	139.10± 9.13 a	6.00± 0.63 a	140.80± 6.63 b	15.90± 6.50 b	19.80± 0.32 a	3.79± 0.12 a	33.00± 0.02 a	3 186.75± 6.02 b	-11.94
	渍水 15 d	136.00± 6.10 b	5.10± 0.70 a	124.10± 4.68 c	23.10± 9.22 a	18.10± 1.60 b	3.75± 0.16 a	32.85± 0.02 a	2 767.05± 7.61 bc	-23.54
	渍水 20 d	133.50± 8.87 b	5.00± 0.89 a	111.00± 8.34 c	25.50± 9.04 a	17.50± 2.20 b	3.71± 0.12 a	31.95± 0.02 a	2 302.65± 8.61 c	-36.37
角果期 Pod-filling stage	CK	139.00± 6.36 a	5.90± 0.94 a	145.50± 2.33 a	18.00± 3.58 c	19.60± 0.32 a	3.77± 0.12 a	32.70± 0.01 a	3 515.70± 6.61 a	
	渍水 10 d	138.50± 5.35 a	5.10± 0.94 a	142.40± 3.91 a	20.60± 8.25 c	18.10± 1.60 b	3.63± 0.11 a	32.55± 0.02 a	3 028.65± 7.52 b	-13.85
	渍水 15 d	136.00± 6.66 a	4.90± 0.66 a	129.90± 9.27 b	22.70± 7.55 b	17.50± 2.20 b	3.52± 0.06 a	31.95± 0.02 a	2 558.55± 9.63 b	-27.22
	渍水 20 d	122.20± 7.45 b	4.70± 0.94 a	100.20± 7.85 c	34.30± 9.63 a	16.80± 2.22 c	3.49± 0.10 a	31.35± 0.02 a	2 003.55± 10.64 c	-43.01

注:表中数值为平均值±标准误差;表中同列不同小写字母表示处理在 0.05 水平差异显著

Note: The values in the table are the mean ± standard error; different lowercase letters in the same column in the table indicate significant differences between treatments at the 0.05 level

表 2 渍水处理对桃源基地沔油 737 农艺性状和产量的影响

Table 2 Effects of waterlogging treatment on agronomic characters and yield of Fengyou 737 in Taoyuan base

生育期 Growth period	处理 Treatment	株高 Plant height cm	一次有效 分枝数 Number of primary effective branches 个/株	有效 角果数 Effective pod number per plant 个/株	无效角果数 Number of invalid pods 个/株	角粒数 Grain number per pod 粒/个	千粒重 1 000- grain weight g	有效总株数 Effective total plant number 万株/hm ²	籽粒产量 Grain yield kg/hm ²	较 CK 增减 Increase or decrease compared with CK %
花期 Flow- ering stage	CK	157.62± 10.25 a	6.10± 0.83 a	123.20± 16.63 a	34.75± 13.57 b	21.20± 0.32 a	3.59± 0.12 a	33.60± 0.02 a	3 150.45± 5.32 a	
	渍水 10 d	153.53± 10.11 a	5.57± 1.26 a	118.20± 19.56 a	36.91± 14.65 b	21.10± 0.31 a	3.50± 0.11 a	33.30± 0.01 a	2 776.65± 7.61 b	-11.86
	渍水 15 d	145.50± 22.3 b	5.40± 1.20 a	102.60± 18.66 b	39.53± 20.82 b	19.10± 0.60 b	3.45± 0.06 a	33.15± 0.02 a	2 281.80± 7.55 c	-27.57
	渍水 20 d	144.33± 8.57 b	4.60± 1.25 b	96.30± 18.75 b	71.72± 31.68 a	18.50± 1.20 c	3.41± 0.10 a	32.70± 0.02 a	1 986.60± 9.31 c	-36.94
角果期 Pod- filling stage	CK	153.33± 8.11 a	5.47± 1.26 a	100.60± 16.62 a	40.50± 15.82 c	21.10± 0.22 a	3.57± 0.21 a	33.45± 0.02 a	2 534.85± 7.69 a	
	渍水 10 d	149.67± 8.26 a	5.13± 0.81 a	87.50± 18.82 a	50.21± 25.02 c	20.20± 1.30 b	3.50± 0.12 a	33.15± 0.02 a	2 234.10± 7.12 b	-11.86
	渍水 15 d	145.00± 8.94 b	5.00± 0.89 a	83.10± 18.60 a	69.42± 29.20 b	19.70± 1.20 b	3.45± 0.16 a	32.40± 0.02 a	1 915.80± 7.88 c	-24.42
	渍水 20 d	142.33± 8.92 b	4.73± 1.12 b	75.60± 17.69 b	82.32± 32.53 a	18.70± 1.21 c	3.39± 0.14 a	31.35± 0.02 a	1 632.50± 9.72 c	-35.60

注:表中数值为平均值±标准误差;表中同列不同小写字母表示处理在 0.05 水平差异显著

Note: The values in the table are the mean ± standard error; different lowercase letters in the same column in the table indicate significant differences between treatments at the 0.05 level

在安乡基地,沔油 823 在花期渍水 15 和 20 d 油菜株高和单株有效角果数显著低于 CK 和渍水 10 d 处理;沔油 823 在角果期渍水 15 和 20 d,单株有效角果数显著低于 CK 和渍水 10 d 处理,沔油 823 在角果期渍水 20 d,株高显著低于 CK

和渍水 10 及 15 d 处理。在桃源基地,沔油 737 在花期渍水 15 和 20 d 油菜株高和单株有效角果数显著低于 CK 和渍水 10 d 处理;沔油 737 在角果期渍水 15 和 20 d,株高显著低于 CK 和渍水 10 d 处理,沔油 737 在角果期渍水 20 d,单株有效

角果数显著低于CK和渍水10及15d处理。

从表1~2可看出,在安乡基地,沔油823在花期和角果期渍水对油菜角粒数有显著影响,对油菜一次有效分枝数影响不大。在桃源基地,沔油737在花期和角果期渍水20d处理油菜一次有效分枝数显著低于CK和渍水10及15d处理;沔油737在花期渍水15和20d,油菜角粒数显著低于CK和渍水10d处理;沔油737在角果期渍水10、15和20d,油菜角粒数显著低于CK。

2.2 渍水对产量的影响 由表1~2可知,花期和角果期渍水对油菜产量都有很大的影响。在安乡基地,沔油823花期渍水10、15、20d较CK依次减产11.94%、23.54%、36.37%,渍水处理油菜籽粒产量显著低于CK($P<0.05$),其中渍水20d处理籽粒产量显著低于渍水10d处理,但与渍水15d处理间差异不显著;沔油823角果期渍水10、15、20d较CK依次减产13.85%、27.22%、43.01%,渍水处理油菜籽粒产量显著低于CK($P<0.05$)。

在桃源基地,沔油737花期渍水10、15、20d较CK依次减产11.86%、27.57%、36.94%,渍水处理油菜籽粒产量显著低于CK($P<0.05$);角果期渍水10、15、20d较CK依次减产11.86%、24.42%、35.60%,渍水处理油菜籽粒产量显著低于CK($P<0.05$)。可见,花期和角果期渍水对油菜产量影响均较大,随着渍水天数延长,油菜减产幅度增大。

3 讨论与结论

水分过多是影响作物产量的主要因素之一,渍水危害在很大程度上限制了作物的产量。宁金花等^[9]对拔节期水稻进行淹水处理,发现淹水处理导致水稻的空壳率增加,千粒重和结实率降低,且淹水程度越深、持续时间越久对产量造成的影响越严重,千粒重的结果与该研究略有不同,可能是研究对象不同所致。大量研究表明,涝渍胁迫对许多植物的形态建成均产生抑制作用,大豆、藜草和棉花等植物的株高和干物质积累均因涝渍胁迫而呈降低趋势^[10-12]。Ma等^[13]在开花期对冬小麦进行水分胁迫的研究表明,淹水胁迫显著降低了冬小麦的株高、节间长度和叶面积,与该研究结果一致。马海清等^[14]研究表明,油菜初花期遭受渍害,会严重影响产量,20个品种平均产量下降21%,与该研究中渍水15和20d处理所得结果一致。王矿等^[15]研究表明,随着油菜淹水历时不同,有效角果数、干物质重及角粒数等要素随着淹水历时的增加呈递减趋势。一般而言,植物在不同生育期对渍害的抗性不同。Setter等^[16]研究小麦、大麦在不同生长阶段的耐渍性,发现在发芽期的耐渍性明显弱于苗期和花期,且耐渍性遗传多样性更广。Takeda等^[17]对3457份大麦材

料在发芽期淹水4d进行耐渍性筛选,根据相对成苗率,初步筛选了435个耐渍品种,随后延长胁迫时间至8d,从中筛选到33个极耐渍品种。该研究发现,与CK相比,渍水处理油菜的株高受到明显抑制,有效角果数、每角粒数、籽粒产量均明显下降,而千粒重、一次有效分枝数、有效总株数没有较大变化。在花期和角果期渍水15和渍水20d处理油菜每角粒数显著低于CK;与CK相比,在花期和角果期渍水15和渍水20d,大部分处理油菜株高和单株有效角果数都显著降低($P<0.05$);花期和角果期渍水对油菜产量都有很大影响,且随着渍水天数延长,油菜减产幅度增大。推测渍害主要是通过影响油菜的角果数来影响产量。说明在长江流域应选用耐渍性较强的油菜品种,以减轻渍害造成的损失。

参考文献

- [1] 杨威,朱建强,吴启侠,等.油菜对渍涝胁迫的响应及排水指标研究[J].灌溉排水学报,2016,35(10):27-30.
- [2] BALAKHININA T, BENNICELLI R, STĘPNIEWSKA Z, et al. Stress responses of spring rape plants to soil flooding [J]. International agrophysics, 2012, 26(4): 347-353.
- [3] SIMOVA-STOILOVA L, DEMIREVSKA K, KINGSTON-SMITH A, et al. Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging [J]. Plant science, 2012, 183: 43-49.
- [4] 张学昆,陈洁,王汉中,等.甘蓝型油菜耐湿性的遗传差异鉴定[J].中国油料作物学报,2007,29(2):98-102.
- [5] 刘秋霞,任涛,韩上,等.苗期渍水对直播冬油菜产量和农学利用率的影响及油菜在不同氮肥施用下的响应[J].中国油料作物学报,2020,42(4):594-602.
- [6] 云飞.三种生长调节剂提高甘蓝型油菜耐湿性的研究[D].重庆:西南大学,2010.
- [7] 许晶,曾柳,徐明月,等.油菜耐渍性种质资源筛选与评价[J].中国油料作物学报,2014,36(6):748-754.
- [8] 俞建河,王本来,曹秀清,等.淹水时期与天数对油菜生长性状和产量的影响[J].安徽农业科学,2021,49(14):184-187.
- [9] 宁金花,陆魁东,霍治国,等.拔节期淹水胁迫对水稻形态和产量构成因素的影响[J].生态学杂志,2014,33(7):1818-1825.
- [10] 张俊,刘娟,臧秀旺,等.生育后期湿涝胁迫对不同花生品种干物质积累及产量性状的影响[J].河南农业科学,2017,46(6):51-55.
- [11] 张洪鹏,张盼盼,李冰,等.烯效唑对淹水胁迫下大豆农艺性状及生理生化指标的影响[J].中国油料作物学报,2017,39(5):655-663.
- [12] 吴海英,曹昀,国志昌,等.淹水胁迫对藜草幼苗生长和生理的影响[J].广西植物,2017,37(9):1161-1167.
- [13] MA S C, DUAN A W, MA S T, et al. Effect of early-stage regulated deficit irrigation on stem lodging resistance, leaf photosynthesis, root respiration and yield stability of winter wheat under post-anthesis water stress conditions [J]. Irrigation and drainage, 2016, 65(5): 673-681.
- [14] 马海清,刘清云,高立兵,等.油菜初花期淹水胁迫对产量及构成因子的影响[J].中国农业文摘-农业工程,2020,32(6):77-80.
- [15] 王矿,王友贞,汤广民.油菜花荚期涝渍胁迫对产量要素的影响[J].中国农村水利水电,2010(8):83-84,90.
- [16] SETTER T L, WATERS I. Review of prospects for germplasm improvement for waterlogging tolerance in wheat, barley and oats [J]. Plant and soil, 2003, 53(1): 1-34.
- [17] TAKEDA K, FUKUYAMA T. Tolerance to pre-germination flooding in the world collection of barley varieties [J]. Barley genetics, 1987, 5: 735-740.