杨治伟,曹秀霞,张炜,等.不同覆膜栽培方式下胡麻叶片叶绿素含量、失水速率及产量[J].山西农业大学学报(自然科学版),2024,44(1):53-60.
Yang Z W, Cao X X, Zhang W,et al.Chlorophyll content,water loss rate and yield of flax under different film mulching cultivation methods[J].Journal of Shanxi Agricultural University(Natural Science Edition), 2024,44(1):53-60.
doi: 10.13842/j.cnki.issn1671-8151.202311003

不同覆膜栽培方式下胡麻叶片叶绿素含量、失水速率及产量

杨治伟,曹秀霞,张炜,剡宽将,钱爱萍*

(宁夏农林科学院 固原分院,宁夏 固原 756000)

摘　要:[目的]干旱是制约宁南山区胡麻生长和生产的非生物胁迫因子之一。探索适宜宁南旱作农田覆膜栽培胡麻的有效栽培方式,可为解决胡麻栽培过程中的干旱问题及发展胡麻覆膜栽培提供实践和理论依据。[方法]于2021—2023年,以胡麻品种'宁亚21号'为供试材料,在大田试验条件下,设平膜穴播(FHS)、垄膜沟播(RFS)和露地条播(CK)共3个处理,分析不同覆膜栽培方式对胡麻叶绿素含量、离体叶片失水速率及产量的影响。[结果]连续3年通过3种覆膜栽培的试验结果表明,在不同覆膜栽培条件下,同一年间胡麻叶片叶绿素含量均表现为FHS>RFS>CK,不同年份间不同覆膜栽培条件下的叶绿素含量不同;与CK相比,RFS和FHS的株高、鲜重和干重均高于CK;2021年和2023年的离体叶片失水速率表现为CK>RFS>FHS,而2022年的离体叶片失水速率表现为CK>FHS>RFS;产量均表现为FHS>RFS>CK,2021年FHS的增产幅度最大,其有效分枝数、有效结果数和单株产量均高于其它处理;有效结果数和单株产量均表现为FHS>RFS>CK。与CK相比,FHS和RFS均提高了胡麻叶片的叶绿素含量、产量、有效分枝数和有效结果数,降低了离体叶片的失水速率,且FHS优于RFS,在2021年FHS增产达到了185.7 kg·hm^{-2},且增产效果显著。相关性分析表明,离体叶片失水速率与叶绿素含量呈显著负相关,与产量呈极显著负相关;叶绿素含量与产量呈显著正相关。[结论]FHS不仅提高了胡麻叶片的叶绿素含量、产量、有效分枝数和有效结果数,还可以降低离体叶片的失水速率,增强胡麻的抗旱性,因此FHS种植方式是适合宁南旱作农田胡麻生产的有效栽培措施。

关键词:覆膜方式; 胡麻; 离体叶片失水速率; 产量
中图分类号:S513　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1671-8151(2024)01-0053-08

胡麻作为宁南山区主要的油料作物,在食用油供给中占有重要的地位,其在当地提供食用油、发展区域农业经济和增加农民收入方面具有重要意义。近年来干旱严重制约旱作农业的发展,本地区的胡麻种植以旱作农田为主,因此降水成为胡麻生产的重要制约因素,干旱会对胡麻地上部分干物质的积累及产量的形成造成严重的影响,而农用地膜具有保湿、保温、抗虫、防病、抑制杂草生长等作用,有利于作物生长发育,提高作物产量,提高农业效益[1]。覆膜栽培在小麦[2]、玉米[3]、谷子[4]、糜子[5]、青稞[6]等作物上取得了很好的应用效果。不同覆膜栽培方式在胡麻上的应用也较多,李瑛等[7]研究表明不同时期全膜穴播下土壤水分相对较高,随着胡麻的生长发育,主根也逐渐增大;刘杰等[8]研究表明,全膜覆土穴播和膜侧条播均能够促进胡麻根系生长,提高土壤水分含量和胡麻籽粒产量,且全膜覆土穴播效果更优;杨丽等[9]研究表明,胡麻覆膜栽培优于露地栽培,穴播优于条播,残膜穴播优于揭膜后全膜穴播;党增春等[10]研究表明平膜穴播可以提高土壤地温,保持土壤水分,促进土壤速效养分的充分释放和有效利用。

目前覆膜栽培对胡麻叶片相关指标的影响研究较少,仅仅是通过不同的试验方法和评价方法对胡麻的抗旱性指标进行筛选及对种质资源进行抗旱评价[11-16]。本试验通过研究覆膜栽培对胡麻

收稿日期:2023-11-01　　**修回日期**:2023-12-15
基金项目:国家特色油料产业技术体系项目(CARS-14-2-28);宁夏回族自治区重点研发计划项目(2021BBF02020)
作者简介:杨治伟(ORCID:0009-0007-9361-4667),助理研究员,研究方向:胡麻育种及栽培技术
*通信作者:钱爱萍(ORCID:0009-0009-8634-3891),副研究员,研究方向:胡麻育种及栽培技术,E-mail:gyqap@163.com

叶绿素含量、离体叶片失水速率及产量的影响,旨在探索适宜宁南旱作农田胡麻生产的有效栽培措施,提高有限降雨的利用率,应对干旱对胡麻生产的影响,为胡麻覆膜栽培产业提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验地概况

试验在彭阳县长城塬进行,彭阳县位于宁夏回族自治区东南部、六盘山东坡地区,地理位置为106°12′～106°58′ E,35°46′～36°17′ N;年平均气温为7.4～8.5 ℃,无霜期为140～170 d,年降水量为265.7～550.0 mm,且降水量由北向南逐渐增加,属于典型的温带半干旱大陆性季风气候,土壤类型为黄绵土[17]。2021-2023年期间,4月1日-8月31日的降雨量为199.4、218.2、174.4 mm。

1.2 试验设计

以'宁亚21号'胡麻(宁夏农林科学院固原分院选育)为供试品种,于2021-2023年连续3年进行试验。小区面积28 m^2(4 m×7 m),区距50 cm,试验地周围设保护区。本试验采用随机区组设计,设3个处理,分别为平膜穴播(Flat film hole sowing、FHS)、垄膜沟播(Ridge film furrow sowing、RFS)、露地条播(CK),3次重复。平膜穴播为全覆膜后用点播机进行人工播种,每穴8～10粒,穴距13 cm,行距15 cm;垄膜沟播是垄上覆膜宽40 cm,垄高10 cm,胡麻种植沟宽60 cm,带型比例为1∶1.5,种植胡麻4行,行距15 cm;露地条播是采用条播方式进行播种。田间管理同大田相同。

1.3 测定指标及方法

1.3.1 叶绿素含量的测定

利用叶绿素仪,在开花期每小区测定30株植株叶片叶绿素含量。

1.3.2 离体叶片失水速率测定

开花期每小区分别取30株植株,测量株高、称取单株鲜重、单株叶片鲜重(a);将其置于空气中24 h后再次称取单株叶片重量(b);杀青后80 ℃烘干称单株叶片重量(c);失水速率计算公式如下:

失水速率(%)=(b-c)×100/[(a-c)×24]

1.3.3 室内考种

按试验小区取样,每小区取样30株植株,测定有效分枝数、有效结果数、每果粒数、千粒重、单株产量。

1.3.4 产量测定

成熟后按小区收获单打单收,计算产量。

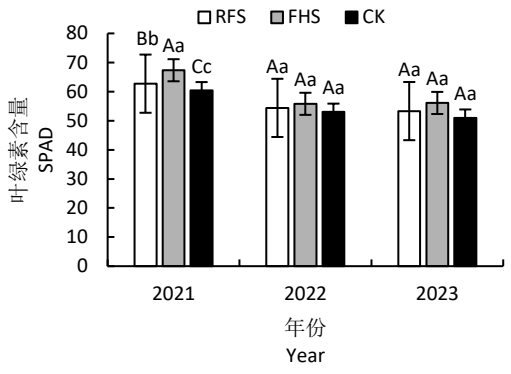
1.4 统计分析

采用Execel 2010软件对数据进行统计,用DPS软件运用单因素方差分析中的最小显著性差异(LSD)法进行显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 不同覆膜栽培方式下胡麻叶绿素含量

叶绿素既是植物光合作用的重要色素,也是衡量植物干旱胁迫的重要指标[18]。如图1所示,在不同覆膜栽培条件下,同一年间胡麻叶片叶绿素含量均表现为FHS>RFS>CK,不同年份间不同覆膜栽培条件下的叶绿素含量表现为2021年的均高于2022年和2023年,且各处理间差异达到极显著水平,说明FHS条件下胡麻叶片的持绿性更好,更有利于胡麻抗旱。



FHS:平膜穴播,RFS:垄膜沟播,CK:露地条播;不同大写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

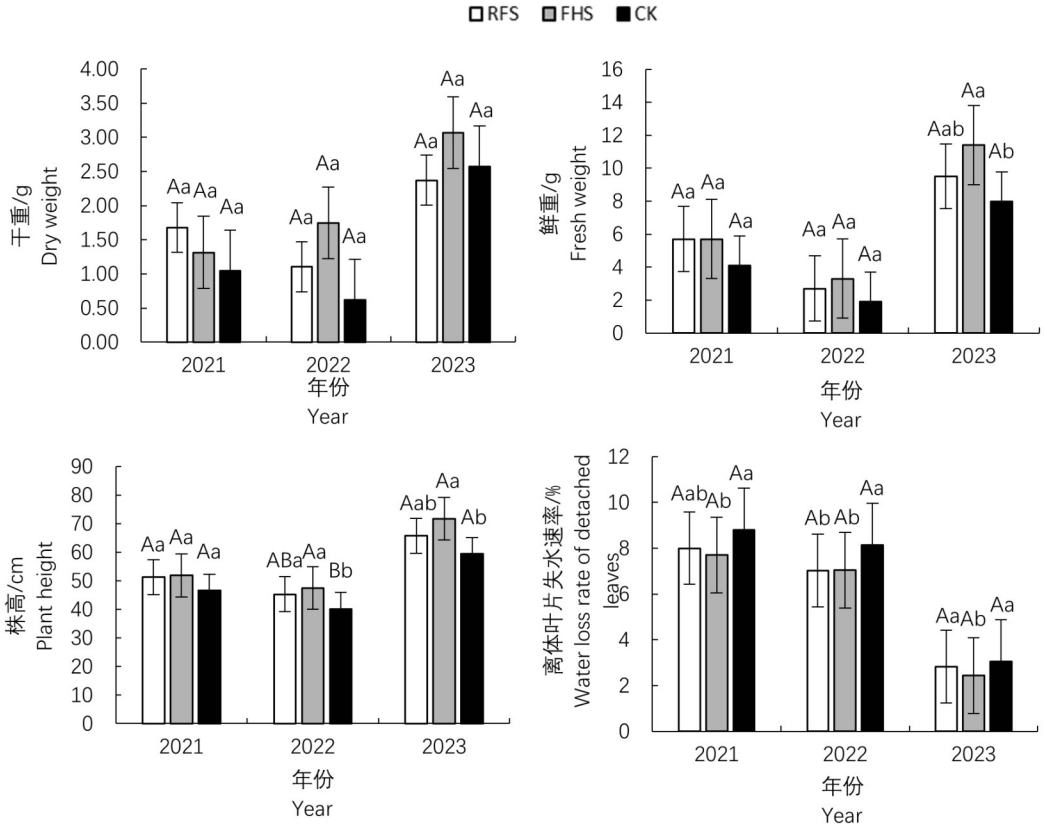
FHS: Flat film hole sowing, RFS: Ridge film furrow sowing, CK: open field drilling; Different uppercase letters indicate significant differences among treatments ($P<0.05$) and different lowercase letters indicate highly significant differences among treatments ($P<0.01$)

图1 不同覆膜栽培方式叶绿素含量比较

Fig. 1 Comparison of chlorophyll content in different film-mulching cultivation methods

2.2 不同覆膜栽培方式下胡麻离体叶片的失水速率

图2表明,2021-2023年CK的株高和鲜重、干重均低于RFS和FHS,2023年的鲜重处理间差异显著,2022和2023年的株高处理间差异显著。2021年和2023年离体叶片失水速率表现为CK>RFS>FHS,而2022年的离体叶片失水速率表现为CK>FHS>RFS,处理间具有显著性差异,表



FHS:平膜穴播,RFS:垄膜沟播,CK:露地条播;不同大写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

FHS: Flat film hole sowing, RFS: Ridge film furrow sowing, CK: open field drilling; Different uppercase letters indicate significant differences among treatments ($P<0.05$) and different lowercase letters indicate highly significant differences among treatments ($P<0.01$)

图2　不同覆膜栽培方式干重、鲜重、株高、离体叶片失水速率比较

Fig.2　Comparison of plant height, dry weight, fresh weight, and water loss rate of detached leaves under different film mulching cultivation methods

明FHS和RFS有利于胡麻的生长和在干旱条件下维持叶片的含水量,降低叶片的萎蔫速度,一定程度上可以缓解胡麻受干旱胁迫的程度。

2.3　不同覆膜栽培方式下胡麻产量及构成因子

由表1～表3可知,不同覆膜栽培模式下,3年产量均表现为FHS>RFS>CK。2021年FHS和RFS分别较CK增产185.7、100.0 kg·hm^{-2},且各处理间差异达到极显著水平;2022年FHS和RFS分别较CK增产23.1、11.8 kg·hm^{-2},各处理间差异不显著;2023年FHS和RFS分别较CK增产122.6、14.0 kg·hm^{-2},各处理间差异不显著;2021年FHS的增产幅度最大,其有效分枝数、有效结果数和单株产量均高于其它处理。有效结果数和单株产量3年均表现为FHS>RFS>CK。方差分析表明,处理、年份、处理×年份差异均不显著。覆膜处理增产的原因主要是提高了胡麻植株的有效结果数和单株产量,其次是提高了有效分枝数。

2.3　叶绿素含量、失水速率与产量及产量构成因子的相关性分析

由表4可见,叶绿素含量与产量、单株产量呈显著正相关,与失水速率呈显著负相关;产量与失水速率呈极显著负相关;失水速率与有效分枝数、有效结果数、每果粒数、单株产量和千粒重均为负相关,表明叶片的含水量对胡麻产量影响极大。

3　讨论

3.1　不同覆膜栽培方式下胡麻叶绿素含量

叶绿素作为植物光合作用的重要色素,也是衡量植物光合生产潜力和植物干旱胁迫的重要指标,对植物生物量生长具有重要作用[18]。贠民政等[6]研究表明,地膜覆盖能不同程度提高青稞的叶片叶绿素含量,进而促进光合产物的合成与积累;刁姗等[19]研究表明,葡萄叶片的总叶绿素含量受

表1 不同覆膜栽培方式产量比较

Table 1 Comparison of yields of different film—mulching cultivation methods

年份 Year	处理 Treatment	小区产量/kg Plot Yield	产量/(kg·hm^{-2}) Yield per unit area	比CK增产/(kg·hm^{-2}) Increase than CK
2021	RFS	2.84	1 014.3Bb	100.0
	FHS	3.08	1 100.1Aa	185.7
	CK	2.56	914.3Cc	—
2022	RFS	2.67	954.8Aa	11.8
	FHS	2.71	966.1Aa	23.1
	CK	2.64	943.0Aa	—
2023	RFS	4.06	1 449.6Aa	14.0
	FHS	4.36	1 558.1Aa	122.6
	CK	4.02	1 435.6Aa	—

注:FHS:平膜穴播,RFS:垄膜沟播,CK:露地条播;不同大写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

Note: FHS: Flat film hole sowing, RFS: Ridge film furrow sowing, CK:open field drilling;Different uppercase letters indicate significant differences among treatments ($P<0.05$) and different lowercase letters indicate highly significant differences among treatments ($P<0.01$)

表2 处理和年份间的方差分析

Table 2 Variance analysis of different treatments and years

变异来源 Resource of variation	平方和 SS	自由度 df	均方 MS	*F*值 *F* value	*P*值 *P* value
年份	11 820 725.35	2	5 910 362.676	191.482 5	0
年份内区组	185 198.024 4	6	30 866.337 4	0.574 9	0.743 6
处理	438 781.238 5	2	219 390.619 3	4.728 4	0.088 4
处理×年份	185 595.899 3	4	46 398.974 8	0.864 2	0.512 8
试验误差	644 282.908 9	12	53 690.242 4		
总和	13 274 583.42	26			

表3 不同覆膜栽培方式产量构成因子比较

Table 3 Comparison of yield composition factors among different film—mulching cultivation methods

年份 Year	处理 Treatment	有效分枝数/个 Effective branches	有效结果数/个 Number of effective results	每果粒数/粒 Number of grains per fruit	单株产量/g Tuber of per plant	千粒重/g 1000—grain weight
2021	RFS	7.3	21.1	6.7	1.3	8.2
	FHS	9.9	56.4	6.3	3.3	7.6
	CK	5.3	9.2	6.2	0.5	7.4
2022	RFS	5.1	10.5	7.9	0.5	7.3
	FHS	5.3	9.5	7.8	0.5	7.1
	CK	4.3	6.7	8.0	0.3	7.1
2023	RFS	0.4	15.4	7.6	0.8	7.0
	FHS	0.6	17.4	8.0	0.9	7.3
	CK	0.3	14.3	7.1	0.6	7.3

注:FHS:平膜穴播,RFS:垄膜沟播,CK:露地条播;不同大写字母表示处理间差异显著($P<0.05$),不同小写字母表示处理间差异极显著($P<0.01$)

Note: FHS: Flat film hole sowing, RFS: Ridge film furrow sowing, CK:open field drilling;Different uppercase letters indicate significant differences among treatments ($P<0.05$) and different lowercase letters indicate highly significant differences among treatments ($P<0.01$)

表4　叶绿素含量、失水速率与产量及产量构成因子的相关性分析

Table 4　Correlation analysis of chlorophyll content, water loss rate and yield and yield composition factors

指标 Index	叶绿素含量 SPAD	产量 Yield per unit area	失水速率 water loss rate	有效分枝数 Effective branches	有效结果数 Number of effective results	每果粒数 Number of grains per fruit	单株产量 Tuber of per plant
产量	1.000*						
失水速率	−0.999*	−1.000**					
有效分枝数	0.995	0.992	−0.991				
有效结果数	0.995	0.997*	−0.998*	0.98			
每果粒数	0.742	0.723	−0.72	0.805	0.672		
单株产量	0.999*	1.000*	−1.000**	0.989	0.999*	0.71	
千粒重	0.171	0.142	−0.139	0.268	0.072	0.787	0.125

注:*表示显著相关($P<0.05$),**表示极显著相关($P<0.01$)

Note: * indicated significant correlation($P<0.05$), ** indicated extremely significant correlation($P<0.01$)

干旱胁迫时降低;高亚宁等[20]在芜菁中的研究结果表明,干旱胁迫能显著降低芜菁叶绿素含量,但是在复水后得到缓解。地膜覆盖具有保墒作用,可以降低土壤水分的无效蒸发,提高水分利用效率,一定程度上可以提高植物的光合势,叶绿素含量的高低直接影响光合作用的强弱以及植物对光能的利用和干物质的积累,进而影响作物产量的提高[11,21-22]。本研究表明,在覆膜栽培条件下,胡麻叶片的叶绿素含量高于CK,这与前人在青稞[6]、谷子[23]等以及春玉米[24]等上的研究结果一致,而且FHS的产量也高于CK。通过相关性分析发现,叶绿素含量与产量及单株产量均为显著正相关,表明FHS在提高植物叶片叶绿素含量的同时间接提高了作物产量,也提高了作物的抗旱能力。

3.2　不同覆膜栽培方式下胡麻离体叶片的失水速率

离体叶片失水速率反映作物叶片的抗脱水能力,离体叶片失水率越小表明叶片持水能力越强,作物的抗旱性越强[25-26]。离体叶片失水速率作为评价作物抗旱的一项重要指标,在板栗[27]、小麦[2]、花生[28]、马铃薯[29]、高粱[30]等作物上均有应用。本试验结果表明,FHS有利于降低胡麻离体叶片的失水速率;相关性分析发现,失水速率与有效分枝数、有效结果数、每果粒数、单株产量和千粒重均为负相关,表明FHS在降低叶片水分散失、提高胡麻的抗旱能力的同时也对胡麻的增产起到一定的积极作用。

3.3　不同覆膜栽培方式下胡麻产量及构成因子

在干旱半干旱地区,限制作物增产的主要因素之一是土壤水分,因此,利用有限的降水提高旱作农田产量,关键在于如何保持土壤水分,覆膜能很好的改善土壤的水热环境,提高作物产量。张晓娟等[31]研究表明,覆膜种植明显缩短了糜子生育期,使得糜子产量比露地种植提高了30.44%,而且改善了土壤水热状况;侯慧芝等[32]研究表明全膜微垄沟穴播提高了春小麦叶片SPAD值和生物量,实现了增产;李维敏等[33]研究表明宽覆膜有利于玉米提高光合特性,同时提高了玉米籽粒产量;杨丽等[9]研究表明,覆膜栽培可缩短胡麻生育期、提高出苗率、增加生物干质量和提高产量。在本研究中,FHS和RFS均能提高胡麻的有效分枝数、有效结果数、单株产量以及总产量而且FHS优于RFS和CK,这与前人研究的覆膜栽培能提高作物产量的结果一致。因此在宁南山区种植胡麻采用FHS栽培模式,既能起到抗旱节水增产效果,也能提高水分利用效率,促进作物生长。

4　结论

与CK相比,FHS和RFS均提高了胡麻叶片的叶绿素含量、产量、有效分枝数和有效结果数,降低了离体叶片的失水速率,且FHS优于RFS,在2021年增产达到了185.7 kg·hm^{-2},各处理间差异极显著,起到了很好的抗旱增产的作用。因此,FHS种植方式是适合宁南旱作农田胡麻生产的有效栽培措施。

参　考　文　献

[1]许香春,王朝云.国内外地膜覆盖栽培现状及展望[J].中国麻业,2006,28(1):6-11.

Xu X C, Wang C Y. The status and development trend of cultivation mulch film at home and abroad [J]. Plant Fiber Sciences in China, 2006, 28(1): 6-11.

[2]杨长刚,柴守玺,常磊,等.不同覆膜方式对旱作冬小麦耗水特性及籽粒产量的影响[J].中国农业科学,2015,48(4):661-671.
Yang C G, Chai S X, Chang L, et al. Effects of plastic mulching on water consumption characteristics and grain yield of winter wheat in arid region of Northwest China[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2015, 48(4): 661-671.

[3]高玉红,牛俊义,闫志利,等.不同覆膜栽培方式对玉米干物质积累及产量的影响[J].中国生态农业学报,2012,20(4):440-446.
Gao Y H, Niu J Y, Yan Z L, et al. Effects of different plastic-film mulching techniques on maize (*Zea mays* L.) dry matter accumulation and yield[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2012, 20(4): 440-446.

[4]姜净卫,董宝娣,司福艳,等.地膜覆盖对杂交谷子光合特性、产量及水分利用效率的影响[J].干旱地区农业研究,2014,32(6):154-158,194.
Jiang J W, Dong B D, Si F Y, et al. Effect of different plastic mulching patterns on photosynthetic characteristics, yield, and water use efficiency of hybrid millet[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2014, 32(6): 154-158, 194.

[5]董立,李海权,降彦苗,等.覆膜穴播条件下种植密度对不同分蘖力糜子品种产量的影响[J].河北农业科学,2022,26(2):4-8,15.
Dong L, Li H Q, Jiang Y M, et al. Effect of planting density on yield of proso millet varieties with different tillering abilities under the conditions of plastic mulching and hole sowing[J]. Journal of Hebei Agricultural Sciences, 2022, 26(2): 4-8, 15.

[6]贠民政,韩玉娥,张毅,等.覆膜种植方式对西藏青稞光合特性及产量的影响[J].麦类作物学报,2020,40(4):482-487.
Yun M Z, Han Y E, Zhang Y, et al. Effect of different mulching planting modes on photosynthetic characteristics and yield of Tibetan hulless barley[J]. Journal of Triticeae Crops, 2020, 40(4): 482-487.

[7]李瑛,赵永伟,刘宝文,等.不同覆膜方式对干旱地区胡麻水分利用和产量的影响[J].农业技术与装备,2022(9):16-18.
Li Y, Zhao Y W, Liu B W, et al. Effects of different film mulching methods on water use and yield of flax in arid areas[J]. Agricultural Technology & Equipment, 2022(9): 16-18.

[8]刘杰,王宗胜,杨丽,等.不同覆膜方式对胡麻根系生长和产量的影响[J].西北农业学报,2020,29(4):552-558.
Liu J, Wang Z S, Yang L, et al. Effect of different mulching patterns on root growth and grain yield of oil flax[J]. Acta Agriculturae Boreali-occidentalis Sinica, 2020, 29(4): 552-558.

[9]杨丽.垄膜沟播垄沟宽对胡麻水分利用效率和产量的影响[J].灌溉排水学报,2019,38(10):17-25.
Yang L. Effect of ridge-furrow width on water use efficiency and yield of flax planted in furrow with ridge film mulching[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2019, 38(10): 17-25.

[10]党增春,刘耀宏,万惠娥.旱地胡麻覆膜穴播种植与节水补灌试验研究[J].水土保持通报,2000,20(2):12-14.
Dang Z C, Liu Y H, Wan H E. Experimental study on mulched hole-planting and water-saving supplied irrigation on dryland flax[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2000, 20(2): 12-14.

[11]原立地,顾万荣,孙继,等.DCPTA对低温胁迫下玉米幼苗叶片叶绿素含量及其荧光特性的影响[J].作物杂志,2012(5):63-67.
Yuan L D, Gu W R, Sun J, et al. Regulation of DCPTA treatment on chlorophyll content and fluorescence parameters of maize seedlings leaves under low-temperature stress[J]. Crops, 2012(5): 63-67.

[12]赵利,王斌,赵玮,等.胡麻品种苗期抗旱性综合鉴定与评价[J].干旱区资源与环境,2019,33(12):179-185.
Zhao L, Wang B, Zhao W, et al. Comprehensive evaluation and identification of drought resistance of 16 oil flax cultivars at seedling stage[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2019, 33(12): 179-185.

[13]罗俊杰,欧巧明,叶春雷,等.主要胡麻品种抗旱相关指标分析及综合评价[J].核农学报,2014,28(11):2115-2125.
Luo J J, Ou Q M, Ye C L, et al. Drought resistance comprehensive evaluation and analysis of valuation indexes of main flax cultivars[J]. Journal of Nuclear Agricultural Sciences, 2014, 28(11): 2115-2125.

[14]何丽,杜彦斌,王娜,等.胡麻抗旱综合性评价及种质资源分析[J].分子植物育种,2022,20(21):7270-7280.
He L, Du Y B, Wang N, et al. Comprehensive evaluation of drought resistance and analysis of germplasm resources of flax[J]. Molecular Plant Breeding, 2022, 20(21): 7270-7280.

[15]王利琴,杨建春,张永福,等.干旱胁迫对不同品种胡麻生理特性和种子萌发的影响[J].种子,2021,40(6):107-111,115.
Wang L Q, Yang J C, Zhang Y F, et al. Effects of drought stress on physiological characteristics and seed germination of different varieties of *Linum usitatissimum*[J]. Seed, 2021, 40(6): 107-111, 115.

[16]王兴荣,苟作旺,张彦军,等.基于反复干旱法的胡麻苗期抗旱性鉴定与评价[J].中国种业,2015(8):52-55.
Wang X R, Gou Z W, Zhang Y J, et al. Identification and evaluation of drought resistance of flax seedling based on repeated drought method[J]. China Seed Industry, 2015 (8): 52-55.

[17]王立明,石云,刘平.1995—2015年宁南陇东丘陵沟壑蓄水保土区土壤侵蚀时空变化分析—以宁夏彭阳县为例[J].中国水土保持,2019(9):48-51.
Wang L M, Shi Y, Liu P. Temporal and Spatial Variation of Soil Erosion of Soil and Water Conservation Area in the Gullied Region of Water Storage and Soil Conservation of South Ningxia and East Gansu in the Period of 1995—2015[J]. Soil and Water Conservation in China, 2019(9): 48-51.

[18]魏清江,冯芳芳,马张正,等.干旱复水对柑橘幼苗叶片光合、叶绿素荧光和根系构型的影响[J].应用生态学报,2018,29(8):2485-2492.

Wei Q J, Feng F F, Ma Z Z, et al. Effects of drought and rewatering on leaf photosynthesis, chlorophyll fluorescence, and root architecture of citrus seedlings [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2018, 29(8): 2485-2492.

[19]刁珊, NAMI Kana, 纪薇, 等. 11个鲜食葡萄品种幼苗抗旱性研究及抗旱指标筛选[J]. 果树学报, 2023, 40(9): 1871-1884.
Diao S, Nami K N, Ji W, et al. Evaluation of drought resistance in seedlings of 11 table grape varieties and screening of drought resistance indicators[J]. Journal of Fruit Science, 2023, 40(9): 1871-1884.

[20]高亚宁, 常娇, 李玉, 等. 干旱胁迫对芜菁苗期生理生化的影响及抗旱性评价[J/OL]. 分子植物育种, 2023: 1-17. [2023-12-15]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230303.1347.009.html.
Gao Y N, Chang J, Li Y, et al. Effects of drought on physiological and biochemistry of turnip seedlings and evaluation of drought resistance [J/OL]. Molecular Plant Breeding, 2023: 1-17. [2023-12-15]. https://kns.cnki.net/kcms/detail/46.1068.S.20230303.1347.009.html.

[21]冯晓钰, 周广胜. 夏玉米叶片水分变化与光合作用和土壤水分的关系[J]. 生态学报, 2018, 38(1): 177-185.
Feng X Y, Zhou G S. Relationship of leaf water content with photosynthesis and soil water content in summer maize [J]. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(1): 177-185.

[22]王才斌, 郑亚萍, 成波, 等. 高产花生冠层光截获和光合、呼吸特性研究[J]. 作物学报, 2004, 30(3): 274-278.
Wang C B, Zheng Y P, Cheng B, et al. Study on light interception, photosynthesis and respiration in high-yielding peanut canopies [J]. Acta Agronomica Sinica, 2004, 30(3): 274-278.

[23]宋世佳, 任晓利, 魏志敏, 等. 覆膜对夏播谷子生长发育与产量的影响机制及其相关性分析[J]. 华北农学报, 2016, 31(S1): 25-30.
Song S J, Ren X L, Wei Z M, et al. Influence mechanism and correlation analysis of film mulching on growth development and yield of summer foxtail millet [J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2016, 31(S1): 25-30.

[24]桑丹丹, 高聚林, 王志刚, 等. 不同覆膜方式下超高产春玉米花粒期叶片衰老特性研究[J]. 玉米科学, 2009, 17(5): 77-81.
Sang D D, Gao J L, Wang Z G, et al. Study on leaf senescence of super-high yield spring maize during flowering and heading period on different film-covering modes [J]. Journal of Maize Sciences, 2009, 17(5): 77-81.

[25]张明生, 彭忠华, 谢波, 等. 甘薯离体叶片失水速率及渗透调节物质与品种抗旱性的关系[J]. 中国农业科学, 2004, 37(1): 152-156.
Zhang M S, Peng Z H, Xie B, et al. Relationship between water loss rate of cutting leaves and osmotic regulators under water stress and drought resistance in sweet potato [J]. Scientia Agricultura Sinica, 2004, 37(1): 152-156.

[26]贺亚川, 俎伟华, 王琴, 等. 6种多浆植物耐旱性初步比较[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 127-130.
He Y C, Zu W H, Wang Q, et al. Comparison of drought tolerance in six succulents [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica, 2010, 19(3): 127-130.

[27]赵爽, 葛朝红, 闵卓, 等. 干旱胁迫对不同板栗品种叶片保水力的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2021(2): 28-32.
Zhao S, Ge C H, Min Z, et al. Effects of drought stress on leaf water holding capacity of different chestnut varieties [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2021(2): 28-32.

[28]刘晓光, 范燕, 赵雪飞, 等. 不同覆膜处理对唐山地区花生生理性状和产量的影响[J]. 花生学报, 2021, 50(3): 80-84.
Liu X G, Fan Y, Zhao X F, et al. Effects of different film mulching treatments on physiological traits and yield of peanut in Tangshan Area[J]. Journal of Peanut Science, 2021, 50(3): 80-84.

[29]张平良, 郭天文, 李书田, 等. 不同覆盖种植方式与平衡施肥对马铃薯产量及水分利用效率的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2017, 35(1): 50-54.
Zhang P L, Guo T W, Li S T, et al. Effects of different coverage cultivation and balanced fertilization on yield and water use efficiency of potato in the dry-land [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2017, 35(1): 50-54.

[30]王艺陶, 周宇飞, 李丰先, 等. 干旱胁迫下高粱叶温与叶片水分状况的关系[J]. 干旱地区农业研究, 2013, 31(6): 146-151.
Wang Y T, Zhou Y F, Li F X, et al. Relationship between leaf temperature and water status in sorghum under drought stress [J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2013, 31(6): 146-151.

[31]张晓娟, 张尚沛, 程炳文, 等. 旱地糜子生长、产量及土壤环境对不同覆膜种植方式的响应[J]. 作物杂志, 2021(2): 124-129.
Zhang X J, Zhang S P, Cheng B W, et al. Responses of broomcorn prosomillet growth, yield and soil environment to different film-mulching planting patterns in dryland [J]. Crops, 2021(2): 124-129.

[32]侯慧芝, 张绪成, 尹嘉德, 等. 全膜微垄沟穴播对春小麦土壤水热环境的影响及其光合和产量效应[J]. 应用生态学报, 2020, 31(9): 3005-3014.
Hou H Z, Zhang X C, Yin J D, et al. Effects of micro-ridge-furrow with plastic mulching and bunching seeding on soil hydrothermal environment and its response to photosynthesis and grain yield of spring wheat[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2020, 31(9): 3005-3014.

[33]李维敏, 周国兴, 李旭新, 等. 不同覆膜方式对玉米光合特性及产量的影响[J]. 内蒙古民族大学学报(自然科学版), 2017, 32(1): 50-57.
Li W M, Zhou G X, Li X X, et al. Effects of mulching methods on photosynthetic characteristics and yield of maize[J]. Journal of Inner Mongolia University for Nationalities (Natural Sciences), 2017, 32(1): 50-57.

Chlorophyll content, water loss rate and yield of flax under different film mulching cultivation methods

Yang Zhiwei, Cao Xiuxia, Zhang Wei, Yan Kuanjiang, Qian Aiping*

(*Guyuan Branch of Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Guyuan 756000, China*)

Abstract: [Objective] Drought is one of the abiotic stress factors restricting the growth and production of flax in the mountainous area of southern Ningxia. Exploring effective mulching cultivation methods for flax in the dryland fields of southern Ningxia can provide practical and theoretical support for addressing the drought issues during flax cultivation and promoting mulching cultivation of flax. [Methods] From 2021 to 2023, the flax variety 'Ningya 21' was used as the experimental material. Under field trial conditions, three mulching cultivation treatments were applied: flat film hole sowing (FHS), ridge film furrow sowing (RFS) and open field strip sowing (CK). The effects of different mulching cultivation methods on chlorophyll content, detached leaf water loss rate, and yield were analyzed. [Results] The results of three consecutive years of experiments under three mulching cultivation conditions showed that, in different mulching cultivation conditions within the same year, the chlorophyll content of flax leaves exhibited the order FHS>RFS>CK. However, the chlorophyll content varied under different mulching cultivation conditions among different years. Compared to CK, both RFS and FHS treatments showed higher plant height, fresh weight, and dry weight. The detached leaf water loss rate in 2021 and 2023 was in the order CK>RFS>FHS, while in 2022, it was CK>FHS>RFS ; The yield showed the order FHS>RFS>CK, with the greatest yield increase observed in FHS in 2021, where the effective branch number, effective pod number, and yield per plant were higher than other treatments. The effective pod number and yield per plant showed the order FHS>RFS>CK. Compared to CK, both FHS and RFS increased the chlorophyll content, yield, effective branch number, and effective pod number of flax leaves and reduced the detached leaf water loss rate. FHS outperformed RFS, and in 2021, FHS achieved a significant increase in yield by 185.7 kg·hm^{-2}. Correlation analysis showed a significant negative correlation between detached leaf water loss rate and chlorophyll content, as well as an extremely significant negative correlation with yield. There was a significant positive correlation between chlorophyll content and yield. [Conclusion] FHS not only increased the chlorophyll content, yield, effective branch number and effective pod number of flax leaves, but also reduced the water loss rate of detached leaves, enhancing the drought resistance of flax. Therefore, FHS planting method is an effective cultivation measure suitable for flax production in the dryland fields of southern Ningxia.

Keywords: Film mulching, Flax, Detached leaf water loss rate, Grain yield

(编辑:郭玥微)