

不同轮作制度对定西地区农田杂草群落的影响

牛小霞¹,牛俊义²

(1.甘肃省农业工程技术研究院,甘肃 武威 733007; 2.甘肃农业大学农学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:为探讨不同轮作制度对定西地区农田杂草群落的影响,采用倒置“W”九点取样法,调查了定西地区 7 种不同轮作制度下田间杂草的种类、数量、地上生物量等。在试验田发现 11 个科共 15 种杂草;从杂草发生密度、地上生物量上看,苦苣菜、藜是农田优势杂草,防除的目的杂草;不同轮作田的杂草群落由优势杂草组成;从不同轮作田杂草群落的物种多样性来看,马铃薯胡麻轮作>马铃薯小麦轮作>胡麻小麦轮作>胡麻连作>小麦胡麻轮作>小麦马铃薯轮作>胡麻马铃薯轮作;对不同轮作田杂草群落进行聚类,可分为四类。通过对不同轮作田中杂草的密度、地上生物量和综合优势度比的综合分析,可以看出胡麻连作、小麦胡麻轮作、马铃薯胡麻轮作、小麦马铃薯轮作中杂草的危害性较大。马铃薯小麦轮作、胡麻小麦轮作和胡麻马铃薯轮作对杂草有一定的控制作用。

关键词:轮作;农田;杂草群落;物种多样性

中图分类号: S344.1 **文献标志码:** A

Effects of different rotation on farmland weed community in Dingxi

NIU Xiao-xia¹, NIU Jun-yi²

(1. Gansu Provincial Institute of Agricultural Engineering and Technology, Wuwei, Gansu 733007, China;

2. Agronomy College, Gansu Agricultural University, Lanzhou, Gansu 730070, China)

Abstract: To explore effects of different rotation on farmland weed community in Dingxi, a survey was conducted by the method of inverted W – sampling to determine species, quantity and aboveground biomass of weeds in different rotation fields. There were 15 weed species of 11 families in different rotation fields. According to the weed density and aboveground biomass, the predominant species were *Sonchusoleraceus* L. and *Chenopodium album*. The species diversity index rank in different rotation fields was potato-flax rotation, potato-wheat rotation, flax-wheat rotation, continuous flax, wheat-flax rotation, wheat-potato rotation, flax-potato rotation in sequence. The different weed community clustered four groups. Based on the density, aboveground biomass and summed dominance ratio of weed in different rotation field, the damage of weeds was greater in continuous flax field, wheat-flax rotation field, potato-flax rotation field, wheat-potato rotation field. The potato-wheat rotation, flax-wheat rotation and flax-potato rotation showed certain control ability in the type and quantity of weeds.

Keywords: rotations; farmland; weed community; species diversity

作为农业生态系统的重要组成部分,杂草以顽强的生命力和繁殖力,与作物争水、争肥、争光和争地,严重影响了作物的产量和品质。然而,保持一定的杂草群落多样性对于保护害虫天敌、促进田间养分循环,维持土壤生物多样性,防止土壤流失和酸化,维持生态系统功能的正常发挥和保持生态平衡等具有重要作用^[1-2]。国外对农田杂草群落动态及其影响因素已进行了较深入的研究^[3-4]。我国对农田杂草群落的研究主要集中在农田杂草种类调查、群落消长规律和化学防除、耕作方法对杂草群落的影响因素方面^[5],而轮作方面的研究比较少。

轮作作为一项常见的农业技术措施,普遍应用于杂草防治、提高作物产量和改善农田生态环境,通过降低杂草密度,抑制杂草生长,降低主要杂草的物种优势度达到减轻杂草危害。研究表明,轮作可以改变土壤营养水平^[7-8]、土壤酶含量和活性^[9]、土壤微生物和动物的种群与数量^[6],这些条件的改变可以直接或间接地影响杂草群落和作物产量。不同轮

收稿日期:2016-05-20
基金项目:国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-17-GW-9);国家自然科学基金(31360315)
作者简介:牛小霞(1986—),女,甘肃会宁人,硕士,助理研究员,主要从事作物栽培及大麦育种工作。E-mail:519077253@qq.com。
通信作者:牛俊义(1957—),男,教授,博士生导师,主要从事作物栽培与生理生态研究。E-mail:niujy@gsau.edu.cn。

作制度下作物属性的较大差异也是轮作影响杂草群落的重要原因,例如,特殊的生长习性和不同的资源竞争模式^[6,10]。作物快速萌发和出苗、较快的叶面积和冠层发展、高叶面积指数和较长持续时间、较大植株高度等都有助于增加作物对杂草的竞争力^[11],因为作物冠层覆盖可以通过减少光照、降低土壤表面温度、物理阻止杂草生长来抑制杂草。另外,还有不同轮作制度下化感作用^[12]对杂草生长及杂草种子库影响^[13-14]的变化的报道。

甘肃定西地区属于黄土高原西部典型的半干旱旱作农业区,一年一熟,当地主要种植作物为马铃薯、小麦、玉米、胡麻等。关于田间杂草种类、轮作对杂草群落的影响国内外研究较少。本研究选择胡麻连作田、小麦胡麻轮作田、马铃薯胡麻轮作田、小麦马铃薯轮作田、马铃薯小麦轮作田、胡麻小麦轮作田、胡麻马铃薯轮作田的杂草为研究对象,研究不同轮作制度下田间杂草群落的变化规律,以期阐明不同轮作制度对田间杂草群落和多样性的影响差异,为合理选择轮作制度模式提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2014 年在定西市旱作农业科研推广中心西寨油料试验站进行,海拔 2 050 m,年降水量 390 mm,年平均气温 6.3℃,年日照时数 2 453 h,年无霜期 213.3 d。该地区为黄土高原西部典型的半干旱雨养农业区,降水主要分布在 6—9 月份。土壤为黄绵土,一年一熟。

结合定西地区农业种植以小麦、马铃薯和胡麻三种作物为主的情况,胡麻品种选用定亚 22 号,种植密度为 750 万粒·hm⁻²;马铃薯品种为新大平,种植密度为 52 500 株·hm⁻²;小麦品种为甘春 25 号,种植密度为 375 万株·hm⁻²。试验共设 7 个处理,胡麻连作(FF)、小麦胡麻轮作(WF)、马铃薯胡麻轮作(PF)、胡麻小麦轮作(FW)、胡麻马铃薯轮作(FP)、小麦马铃薯轮作(WP)、马铃薯小麦轮作(PW)。3 次重复,共 21 个小区。小区长 5 m,宽 3 m,面积 15 m²,四周设 1 m 保护行。氮、磷施用量采用当地最佳施肥量:胡麻 112.5 kg·hm⁻²(纯 N),75 kg·hm⁻²(P₂O₅);马铃薯:225 kg·hm⁻²(纯 N),150 kg·hm⁻²(P₂O₅);小麦:150 kg·hm⁻²(纯 N),112.5 kg·hm⁻²(P₂O₅);氮、磷均作为基肥施用。

1.2 调查项目、时间及方法

本研究于 2014 年 5 月 30 日苗期进行田间杂草调查,采用倒置“W”九点取样法,每样方面积 1 m²,

计数各样方内的杂草种类与数量,并称量地上部鲜重。

1.3 数据处理

杂草密度为单位面积杂草株数。物种丰富度(S)为样方中包含的所有杂草的种类数^[15]。综合优势度 $SRD = (RD + RF + RW)/3$,其中 RD 为相对密度, RF 为相对频度, RW 为相对干重,即某杂草的干重占杂草总干重的比例;Simpson 指数 $D = 1 - \sum_{i=1}^S [n_i(n_i - 1)/N(N - 1)]$,式中, n_i 为抽样中第 i 个物种的个体数量, N 为抽样中所有物种的个体总和, S 为物种总数^[16-17]。Shannon - Wiener 多样性指数 $H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$,式中, H' 为样本中的信息容量(bit/个体), S 为物种总数, p_i 为第 i 种物种个体数占群落总个体数的比例^[18]。均匀度 $J' = H'/\ln S$,式中, J' 为均匀度, H' 为 Shannon - Wiener 指数, S 为物种总数^[19]。用 Czekanowski (1913) 相似系数测定群落相似性^[20]: $C_s = 2a/(2a + b + c)$,式中, a 是群落 A 和群落 B 都有的物种数量, b 是群落 B 有但群落 A 无的物种数量, c 是群落 A 中有但群落 B 中无的物种数量。

所得数据用 Excel 2010 进行整理汇总;用 DPS 数据统计软件进行统计分析及方差分析。

2 结果与分析

2.1 不同轮作方式对农田杂草种类和密度的影响

在试验田发现 11 个科共 15 种杂草,在胡麻连作田和小麦胡麻轮作田发现 11 种杂草,胡麻小麦轮作田发现 10 种杂草,小麦马铃薯轮作田发现 9 种杂草,马铃薯胡麻轮作田和胡麻马铃薯轮作田发现 8 种杂草,马铃薯小麦轮作田发现 7 种杂草。胡麻连作田和小麦胡麻轮作田杂草种类最多,而马铃薯胡麻轮作田杂草种类少,表现出一定的控草作用。就轮作田杂草总密度而言,胡麻连作田的杂草密度最大,其次是小麦胡麻轮作田、马铃薯胡麻轮作田、小麦马铃薯轮作田、马铃薯小麦轮作田、胡麻小麦轮作田,胡麻马铃薯轮作田最小。胡麻连作、小麦胡麻轮作和马铃薯胡麻轮作三种轮作田杂草总密度差异显著,小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作两种轮作差异显著,胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作两种轮作差异不显著($P < 0.05$)。因此,对于胡麻田和马铃薯田,合理的轮作可以降低田间杂草总密度。

不同轮作田杂草发生密度最大的是苦苣菜和藜,分别占胡麻连作、小麦胡麻轮作、马铃薯胡麻轮作、胡麻小麦轮作、胡麻马铃薯轮作、小麦马铃薯轮作、马铃薯小麦轮作田杂草总密度的 86.38%、

88.31%、72.28%、84.83%、79.45%、85.68 %、84.02%。常见杂草是稗草、野荞麦、大刺儿菜、野胡萝卜、狗尾草、打碗花、芸芥,其余杂草为偶发性杂草。不同处理下杂草的发生密度差异较大。就苦苣菜而言,马铃薯胡麻轮作田与胡麻连作田和小麦胡麻轮作田差异显著;小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作两种轮

作差异显著;胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作两种轮作差异不显著。藜在马铃薯胡麻轮作田和小麦胡麻轮作田差异显著;在胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作两种轮作差异显著;在小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作两种轮作差异不显著。由此可见,不同轮作方式可以显著影响主要杂草的发生密度($P < 0.05$)。

表 1 不同轮作田杂草密度/(株·m⁻²)
Table 1 Weed density in different rotation fields/(plant·m⁻²)

杂草种类 Weed species	FF	WF	PF	FW	WP	FP	PW
藜 <i>Chenopodium album</i>	75.89 ab	58.44 b	82.56 a	33.78 d	5.22 e	6.22 e	45.56 c
苦苣菜 <i>Sonchusoleraceus</i> L.	115.11 a	116.11a	40.00 d	51.33 d	90.56 b	68.22 c	45.56 de
稗草 <i>Echinochloacrusgalli</i> (L.)Beauv	8.89 b	8.22 b	23.00 a	6.00 c	5.78 c	2.44 d	2.67 d
野荞麦 <i>Fagopyrumbotrys</i> (D. Don)Hara.	3.33 d	4.67 c	11.56 ab	1.56 e	0.89 ef	4.89 c	12.44 a
野胡萝卜 <i>Daucuscarota</i> Linn.	3.56 b	2.00 b	5.11 a	0.78 c	0.89 c	0.89 c	0.89 c
狗尾草 <i>Setariaviridis</i>	2.67 b	0.78 c	6.33 a	0.33 d	2.33 b	0.89 c	0.00 d
芸芥 <i>Eruca sativa</i> Mill	0.67 b	1.22 a	0.78 b	0.22 cd	0.00 d	0.00 d	0.44 c
大刺儿菜 <i>Cephalanoplossetosum</i> (Willd.)Kitam	10.67 a	4.78 c	0.00 e	5.11 c	7.67 b	2.89 d	0.00 e
打碗花 <i>Calystegiahederacea</i>	0.11 d	0.56 c	0.00 d	1.00 b	7.11 a	0.44 c	0.89 bc
风花菜 <i>Rorippaglobosa</i> (Turcz.) Hayek	0.00 c	0.33 a	0.22 b	0.00 c	0.00 c	0.00 c	0.00 c
猪殃殃 <i>Galium maborasense</i> Masamune	0.00 b	0.56 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
莎草 <i>Cyperusrotundus</i> L.	0.11 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.11 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall.	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.22 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b
锦葵 <i>Malva sinensis</i> Cavan	0.00 b	0.00b	0.00 b	0.00 b	0.11 a	0.00 b	0.00 b
总计 Total	221.11 a	197.67b	169.56 c	100.33de	120.56d	86.89 e	108.44 d

注:同行数据后不同字母表示处理间差异显著($P < 0.05$);FF—胡麻连作田,WF—小麦胡麻轮作田,PF—马铃薯胡麻轮作田,FW—胡麻小麦轮作田,WP—小麦马铃薯轮作田,FP—胡麻马铃薯轮作田,PW—马铃薯小麦轮作田;下同。

Note: different letters in the same row showed significant difference among treatments at 0.05 level. FF—continuous flax, WF—wheat – flax rotation, PF—potato – flax rotation, FW—flax – wheat rotation, WP—wheat – potato rotation, FP—flax – potato rotation, PW—potato – wheat rotation; the same below.

2.2 不同轮作制度对杂草地上生物量的影响

杂草地上总生物量最大的是胡麻连作田,其次是小麦胡麻轮作田、马铃薯胡麻轮作田、小麦马铃薯轮作田、胡麻小麦轮作田、胡麻马铃薯轮作田,马铃薯小麦轮作田最小。马铃薯胡麻轮作与胡麻连作和小麦胡麻轮作的地上总生物量差异显著,小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作两种轮作差异显著,胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作两种轮作差异不显著($P < 0.05$)。与胡麻连作、小麦胡麻轮作比较,马铃薯胡麻轮作可以明显降低胡麻田杂草地上总生物量;与小麦马铃薯轮作相比,胡麻马铃薯轮作能降低马铃薯田杂草地上总生物量。

胡麻连作田地上生物量最大的杂草是苦苣菜、藜、大刺儿菜,占胡麻田杂草地上总生物量的 94.67%;小麦胡麻轮作田地上部生物量最大的杂草是苦苣菜、藜、大刺儿菜,占胡麻田杂草地上部总生物量的 88.16%;马铃薯胡麻轮作田地上部生物量

最大的杂草是藜、苦苣菜、稗草,占胡麻田杂草地上部总生物量的 86.56%;小麦马铃薯轮作田地上部生物量最大的杂草是苦苣菜、大刺儿菜,占马铃薯田杂草地上部总生物量的 96.28%;胡麻小麦轮作田地上部生物量最大的杂草是苦苣菜、大刺儿菜,占小麦田杂草地上部总生物量的 73.24%;胡麻马铃薯轮作田地上部生物量最大的杂草是苦苣菜,占马铃薯田杂草地上部总生物量的 74.3%。马铃薯小麦轮作田地上部生物量最大的杂草是苦苣菜、藜,占小麦田杂草地上部总生物量的 82.86%。

就不同轮作方式对杂草地上生物量影响而言,在马铃薯胡麻轮作田中藜的地上部总生物量显著高于胡麻连作和小麦胡麻轮作,在胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作二者间差异显著,在小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作两种轮作差异不显著;而苦苣菜地上部总生物量在胡麻连作田和小麦胡麻轮作田较大,较其他轮作处理差异显著,在马铃薯小麦轮作田

中最小。稗草和大刺儿菜在不同轮作处理中差异显著,其余杂草在不同轮作方式中差异不明显($P < 0.05$)。从地上生物量的角度对杂草进行分析,既反

映了不同轮作农田杂草生物量的主要组成,量化在田间的优势度,又表明了不同轮作农田环境对杂草生长的影响。

表 2 不同轮作田杂草生物量/(g·m⁻²)
Table 2 Aboveground biomass in different rotation fields

杂草种类 Weed species	FF	WF	PF	FW	WP	FP	PW
藜 <i>Chenopodium album</i>	6.51 b	7.17 b	11.40 a	1.89 d	0.20 e	0.27 e	3.58 c
苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i> L.	18.54 a	17.89 a	5.98 cd	4.94 d	11.58 b	7.46 c	4.30 d
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.)Beauv	0.99 c	1.51 b	3.21 a	0.58 cd	0.24 d	0.09 e	0.31 d
野荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i> (D.Don) Hara.	0.52 c	0.94 b	2.09 a	0.11 d	0.05 d	0.39 c	1.24 b
野胡萝卜 <i>Daucus carota</i> Linn.	0.06 a	0.03 b	0.07 a	0.01 b	0.02 b	0.01 b	0.01 b
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.01 b	0.01 b	0.03 a	0.00 b	0.01 b	0.01 b	0.00 b
芸芥 <i>Eruca sativa</i> Mill	0.23 c	1.25 a	0.57 b	0.15 cd	0.00 d	0.00 d	0.01 d
大刺儿菜 <i>Cephalanoplos setosum</i> (Willd.) Kitam	7.24 a	3.31 bc	0.00 d	3.19 bc	3.97 b	1.79 c	0.00 d
打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	0.01 c	0.02 c	0.00 c	0.16 a	0.06 b	0.02 c	0.06 b
风花菜 <i>Rorippa globosa</i> (Turcz.) Hayek	0.00 b	0.02 a	0.02 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
猪殃殃 <i>Galium maborasense</i> Masamune	0.00 b	0.03 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.00 b
莎草 <i>Cyperus rotundus</i> L.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall.	0.00 b	0.00 b	0.00 b	0.07 a	0.00 b	0.00 b	0.00 b
锦葵 <i>Malva sinensis</i> Cavan	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.02 a	0.00 a	0.00 a
总计 Total	34.11a	32.18a	23.37b	11.1d	16.15c	10.04d	9.51d

2.3 不同轮作制度对杂草群落综合优势度的影响

从杂草发生的综合优势度来看,苦苣菜和藜为该地区田间杂草的综合优势杂草。常见杂草在不同轮作处理的农田优势度差异不显著($P < 0.05$)。不同轮作田中的杂草群落构成主要以优势杂草为主,但是不同的轮作模式造成杂草的发生也各有差异。胡麻连作田的优势杂草为苦苣菜、藜、大刺儿菜,形成以苦苣菜 + 藜 + 大刺儿菜 + 稗草为主的杂草群落;小麦胡麻轮作田的优势杂草为苦苣菜、藜,形成以苦苣菜 + 藜 + 稗草 + 大刺儿菜 + 野荞麦为主的杂草群落;马铃薯胡麻轮作胡麻田的优势杂草为藜、苦苣菜、稗草,形成以藜 + 苦苣菜 + 稗草 + 野荞麦 + 野胡萝卜 + 狗尾草为主的杂草群落;胡麻小麦轮作小麦田的优势杂草为苦苣菜、藜,形成以苦苣菜 + 藜 + 稗草 + 野荞麦为主的杂草群落;小麦马铃薯轮作马铃薯田的优势杂草为苦苣菜、大刺儿菜,形成以苦苣菜 + 大刺儿菜 + 藜 + 稗草为主的杂草群落;胡麻马铃薯轮作马铃薯田的优势杂草为苦苣菜、藜,形成以苦苣菜 + 藜 + 稗草 + 大刺儿菜为主的杂草群落;马铃薯小麦轮作小麦田的优势杂草为苦苣菜、藜,形成以苦苣菜 + 藜 + 稗草 + 野荞麦 + 大刺儿菜为主的杂草群落。表明苦苣菜、藜、稗草、大刺儿菜为农田防除的目的杂草,将为杂草的防治提供了可靠的依据。

2.4 不同轮作制度对杂草群落生物多样性的影响

小麦胡麻轮作、马铃薯胡麻轮作和胡麻连作的胡麻田中的物种丰富度最大,但是三者差异不显著;其次是胡麻马铃薯轮作和小麦马铃薯轮作的马铃薯田,二者差异不显著;胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作的小麦田最小,二者差异也不显著。从群落优势度指数(D)来看,胡麻马铃薯轮作田和小麦马铃薯轮作田最低,其他不同轮作处理间差异不显著。就物种多样性指数(H')而言,由高到低排序为马铃薯胡麻轮作田 > 胡麻小麦轮作田 > 胡麻连作田 > 马铃薯小麦轮作田 > 小麦胡麻轮作田 > 小麦马铃薯轮作 > 胡麻马铃薯轮作田,马铃薯胡麻轮作田与小麦胡麻轮作田和胡麻连作田差异显著,马铃薯小麦轮作田和胡麻小麦轮作田二者差异不显著,小麦马铃薯轮作和胡麻马铃薯轮作田二者差异显著,表明不同轮作方式显著改变了胡麻和马铃薯田杂草群落的物种多样性。杂草群落的均匀度由高到低依次是马铃薯胡麻轮作田、马铃薯小麦轮作田、胡麻小麦轮作田、胡麻连作田、小麦胡麻轮作田、小麦马铃薯轮作、胡麻马铃薯轮作田;差异显著性和 Shannon 指数(H')相同,表明不同轮作方式改变了胡麻和马铃薯田杂草群落的均匀度。

表 3 不同轮作田杂草的综合优势度

Table 3 The summed dominance ratio of weed species in different rotation fields

杂草种类 Weed species	FF	WF	PF	FW	WP	FP	PW
藜 <i>Chenopodium album</i>	0.23 b	0.22 b	0.38 a	0.20 b	0.07 c	0.23 b	0.22 b
苦苣菜 <i>Sonchus oleraceus</i> L.	0.41 b	0.43 b	0.21 c	0.21 c	0.55 a	0.39 bc	0.34 bc
稗草 <i>Echinochloa crusgalli</i> (L.)Beauv	0.07 b	0.08 b	0.14 a	0.07 b	0.07 b	0.09 b	0.08 b
野荞麦 <i>Fagopyrum dibotrys</i> (D. Don) Hara.	0.05 b	0.07 b	0.10 a	0.05 b	0.02 bc	0.06 b	0.06 b
野胡萝卜 <i>Daucus carota</i> Linn.	0.05 a	0.04 ab	0.06 a	0.04 ab	0.04 ab	0.05 a	0.04 ab
狗尾草 <i>Setaria viridis</i>	0.03 ab	0.02 b	0.06 a	0.03 ab	0.04 ab	0.05 a	0.03 ab
芸芥 <i>Eruca sativa</i> Mill	0.03 b	0.05 a	0.04 ab	0.02 b	0.00 bc	0.02 b	0.03 b
大刺儿菜 <i>Cephalanoplos setosum</i> (Willd.) Kitam	0.11 ab	0.07 b	0.00 c	0.04 bc	0.15 a	0.08 b	0.06 b
打碗花 <i>Calystegia hederacea</i>	0.01 b	0.02 b	0.00 b	0.00 b	0.05 a	0.02 b	0.01 b
风花菜 <i>Rorippa globosa</i> (Turcz.) Hayek	0.00 a	0.02 a	0.01 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.01 a
猪殃殃 <i>Galium maborasense</i> Masamune	0.00 a	0.01 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
莎草 <i>Cyperus rotundus</i> L.	0.01 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	0.01 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
猪毛菜 <i>Salsola collina</i> Pall.	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a
锦葵 <i>Malva sinensis</i> Cavan	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.00 a	0.01 a	0.00 a	0.00 a

表 4 不同轮作田杂草群落多样性

Table 4 Effects of different rotations on the specie diversity of weed community in fields

轮作方式 Different rotations	S	Simpson (D)	Shannon (H')	(J')
FF	6.17ab	0.61 a	1.72 b	0.50 b
WF	7.00 a	0.56ab	1.63bc	0.47bc
PF	6.67 a	0.68 a	2.03 a	0.68 a
FW	5.33 c	0.62 a	1.77 b	0.53 b
WP	5.83 b	0.42 b	1.43 c	0.45bc
FP	5.67bc	0.37bc	1.26 d	0.42 c
PW	5.33 c	0.63 a	1.69 b	0.60 a

注:同列数据后不同字母表示处理间差异显著 ($P<0.05$)。
Note: different letters in the same column showed significant difference among treatments at 0.05 level.

2.5 不同轮作田杂草群落的相似性

采用 DPS 二元数据相似性计算不同轮作田之间的相似性系数。由表 5 可以看出,不同轮作田杂草群落相似性系数最大的是胡麻马铃薯轮作田和小麦马铃薯轮作田,相似性系数是 0.94;其次是胡麻马铃薯轮作田与胡麻小麦轮作田,相似性系数是 0.89;胡麻小麦轮作田与胡麻连作田、胡麻小麦轮作田与小麦胡麻轮作田,相似性系数均为 0.86。小麦胡麻轮作田与马铃薯胡麻轮作田的杂草群落相似性系数为 0.84,这和小麦马铃薯轮作田与胡麻小麦轮作田、胡麻马铃薯轮作田与胡麻连作田、胡麻马铃薯轮作田与小麦胡麻轮作田的杂草群落相似性系数一样。不同轮作田的杂草群落相似性系数最低的是小

麦马铃薯轮作田与马铃薯胡麻轮作田,为 0.71。

表 5 不同轮作田杂草群落的相似性指数

Table 5 Similarity index of weed communities in different rotation fields

轮作方式 Different rotations	FF	WF	PF	FW	WP	FP	PW
FF	1						
WF	0.82	1					
PF	0.74	0.84	1				
FW	0.86	0.86	0.78	1			
WP	0.80	0.80	0.71	0.84	1		
FP	0.84	0.84	0.75	0.89	0.94	1	
PW	0.78	0.78	0.80	0.82	0.75	0.80	1

2.6 不同轮作田杂草群落的聚类分析

利用 DPS 系统聚类,欧氏距离的最短距离法对不同轮作处理进行聚类,可分为四类。马铃薯胡麻轮作田为Ⅰ类;胡麻连作田和小麦胡麻轮作田Ⅱ类,胡麻小麦轮作田和马铃薯小麦轮作田Ⅲ类,小麦马铃薯轮作田和胡麻马铃薯轮作田Ⅳ类。说明胡麻田、小麦田、马铃薯田杂草群落具有相似性;马铃薯胡麻轮作对胡麻田杂草群落影响比较大,单独分为一类;胡麻和小麦都是密植作物,植株高度接近,生育期基本一致,因而胡麻连作田和小麦胡麻轮作田为一类。Ⅰ类的物种丰富度和群落优势度显著大于Ⅱ类,物种多样性和群落均匀度均差异不显著。物种丰富度在Ⅱ类、Ⅲ类和Ⅳ类之间差异显著;群落优势度在Ⅰ类、Ⅱ类和Ⅲ类间差异不显著,但前三类与

Ⅳ类之间差异显著;物种多样性在Ⅰ类,Ⅱ类和Ⅲ类三者间差异显著,Ⅰ类和Ⅳ类二者间差异不显著。

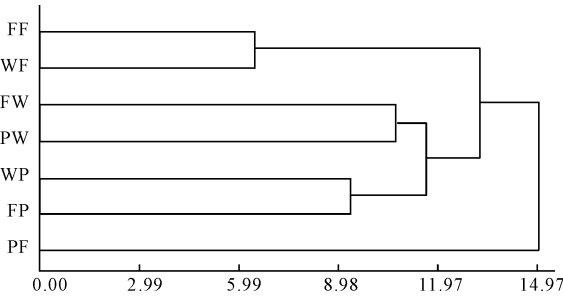


图 1 不同轮作方式下杂草群落的聚类分析
Fig.1 The dendrogram of the weed communities in different rotation fields

3 讨 论

合理的轮作制度可以形成不利于杂草生长的生态环境,可以有效地防除杂草。单一作物的持续种植增加了优势杂草的数量,降低了杂草的生物多样性^[21],冬小麦长期连作导致旱雀麦严重发生;而春小麦长期连作导致狐尾草和野燕麦发生^[22]。轮作可以减少某些杂草的优势度而增加另外一些杂草的优势度^[23]。Cathcart 等^[24]研究发现当轮作作物较少时,油菜田杂草物种和种群多样性也减少。相同作物采取不同轮作顺序也会对杂草种类和数量造成较大影响,尤其是生长特性差异比较大的作物(玉米、小麦、油菜、马铃薯、大豆等)轮作^[25-26]。徐艳丽等^[25-27]研究了同一地区不同轮作制度和轮作作物条件下不同作物田的杂草群落,小麦连作田杂草密度和数量最大,玉米-大豆-小麦轮作杂草最少。不同前茬作物影响麦田杂草的数量和伴生的杂草种类,大豆抑制了杂草发生,尤其是玉米-大豆-小麦轮作前茬是玉米,更加抑制了田间杂草,小麦连作则使与小麦伴生的杂草发生更加严重^[27]。本研究结果显示,与胡麻连作田相比,小麦胡麻轮作和马铃薯胡麻轮作明显降低了胡麻田杂草种类,杂草总密度和总生物量;而且马铃薯胡麻轮作明显降低了主要杂草的密度和生物量。比较胡麻小麦轮作和马铃薯小麦轮作,马铃薯小麦轮作减少了田间杂草种类,而胡麻小麦轮作增加了大刺儿菜的密度和生物量。对于马铃薯田而言,胡麻马铃薯轮作减少了杂草种类,杂草总密度和生物量;也减少了主要杂草的密度和生物量;明显降低了苦苣菜的综合优势度;上述结果和前人的研究结果一致^[22-27]。

轮作区别于单作的最主要特征是作物多样,作物多样性高的轮作有利于杂草群落物种多样性的保

持。杂草物种丰富度、多样性、优势度和均匀度是从不同角度衡量群落稳定性的重要指标,杂草物种丰富度、多样性与均匀度越大,优势度越小,则物种群落的结构越复杂,其反馈系统也越强大,对于环境的变化或来自物种群落内部种群波动的缓冲作用越强,物种群落也越稳定,这样的杂草群落优势种不太突出,杂草不容易严重发生^[28]。不同轮作制度下作物特殊的生长习性和资源竞争模式的差异是导致轮作影响杂草群落的重要原因^[29]。保护农业生态系统中杂草生物多样性以及发挥其在维持生态平衡中的作用逐渐受到人们重视,有效控制农业生态系统中杂草的同时,也应适当地保护生物多样性^[15]。本研究结果显示,就杂草的多样性而言,物种丰富度小麦胡麻轮作田优于马铃薯胡麻轮作田和胡麻连作田,小麦马铃薯轮作优于胡麻马铃薯轮作田。就物种多样性和均匀度而言,马铃薯胡麻轮作优于胡麻连作田和小麦胡麻轮作田;马铃薯小麦轮作田优于胡麻小麦轮作田;小麦马铃薯轮作优于胡麻马铃薯轮作。从群落优势度指数来看,胡麻马铃薯轮作田和小麦马铃薯轮作田最低,其他不同轮作处理间差异不显著。综合所述,马铃薯胡麻轮作优于小麦胡麻轮作和胡麻连作,马铃薯小麦轮作优于胡麻小麦轮作,胡麻马铃薯轮作优于小麦马铃薯轮作。

参 考 文 献:

[1] Albrecht H. Suitability of arable weeds as indicator organisms to evaluate species conservation effects of management in agricultural ecosystems[J]. Agriculture, Ecosystems Environment, 2003,98:201-211.

[2] Fried G, Petit S, Dessaint F, et al. Arable weed decline in Northern France: crop edges as refugia for weed conservation? [J]. Biological Conservation, 2009,142:238-243.

[3] Cardina J, Herms C P, Doohan D J. A crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks[J]. Weed Science, 2002,50(4):448-460.

[4] Thoms A G, Derksen D A, Blackshaw R E, et al. A multistudy approach to understand weed population shifts in medium to long-term tillage system[J]. Weed Science, 2004,52(5):874-880.

[5] 刘方明,梁文举,闻大中.耕作方法和除草剂对玉米田杂草群落的影响[J].应用生态学报,2005,16(10):1879-1882.

[6] Vollmann J, Wagentristsl H, Hartl W. The effects of simulated weed pressure on early maturity soybeans[J]. European Journal of Agronomy, 2010,32(4):243-248.

[7] Blackshaw R E, Brandt R N, Henry J H, et al. Differential response of weed species to added nitrogen[J]. Weed Science, 2003,51:532-539.

[8] Lupwaya N Z, Hanson K G, Harker K N, et al. Soil microbial biomass, functional diversity and enzyme activity in glyphosate-resistant wheat canola rotations under low-disturbance direct seeding and conventional tillage[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2007,39(7):

1418-1427.

[9] 徐培智,解开治,陈建生,等.一季中晚稻的稻菜轮作模式对土壤酶活性及可培养微生物群落的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(5):923-928.

[10] Liebman M, Dyck E. Crop rotation and intercropping strategies for weed management[J]. Ecological Applications, 1993,3(1):92-122.

[11] Mason h E, Navabi A, Frick B L, et al. The weed – competitive-ability of Canada western red spring wheat cultivars grown underorganic management[J]. Crop Science, 2007,47:1167-1176.

[12] 王瑞龙,张墨溪,宋圆圆,等.豆科牧草对 4 种农田常见杂草和水稻化感作用的研究[J].生态环境学报,2010,19(10):2307-2312.

[13] Cardina J, Herms C P, Doohan D J. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks[J]. Weed Science, 2002,50:448-460.

[14] 魏守辉,强 胜,马 波,等.不同作物轮作制度对土壤杂草种子库特征的影响[J].生态学杂志,2005,24(4):385-389.

[15] 李儒海,强 胜,邱多生,等.长期不同施肥方式对稻油轮作制水稻田杂草群落的影响[J].生态学报,2008,28(7):3236-3243.

[16] 古巧珍,杨学云,孙本华,等.不同施肥条件下黄土地杂草生物多样性[J].应用生态学报,2007,18(5):1038-1042.

[17] Buhler D D, Liebman M, Obrycki J J. Theoretical and practical challenges to an IPM approach to weed management[J]. Weed Science, 2000,48(3):274-280.

[18] 陈 欣,王兆萼,唐建军.农业生态系统杂草多样性保持的生态学功能[J].生态学杂志,2000,19(4):50-52.

[19] 胡文诗,刘秋霞,任 涛,等.提高冬油菜播种量和施氮量抑制杂草生长的机理研究[J].植物营养与肥料学报,2017,23(1):137-143.

[20] 朱文达,魏守辉,张朝贤.稻油轮作田杂草种子库组成及其垂直分布特征[J].中国油料作物学报,2007,29(3):313-317.

[21] Sosnoskie L M, Herms C P, Cardina J, et al. Seedbank and emerged weed communities following adoption of glyphosate-resistant crops in a long-term tillage and rotation study[J]. Weed Science, 2009,57(3):261-270.

[22] Mohammaddoust e Chamanabad H R, Baghestani M A, Tulikov A M, et al. The impact of agronomic practies on weed community in winter rye[J]. Pakistan Journal of Weed Science Research, 2006,12(4):281-291.

[23] Ulber L, Steinmann H H, Klimek S, et al. An on-farm approach to investigate the impact of diversified crop rotations on weed species richness and composition in winter wheat[J]. Weed Research, 2009,49(5):534-543.

[24] Cathcart R J, Topinkab A K, Kharbanda P, et al. Rotation length, canola variety and herbicide resistance system affect weed populations and yield[J]. Weed Science, 2006,54(4):726-734.

[25] 许艳丽,李兆林,李春杰.连作、迎茬和轮作大豆对田间杂草群落变化的影响[J].大豆科学,2003,22(4):283-286.

[26] 许艳丽,李春杰,李兆林.玉米连作、迎茬和轮作对田间杂草群落的影响[J].生态学杂志,2004,23(4):37-40.

[27] 许艳丽,李兆林,李春杰.小麦连作、迎茬和轮作对麦田杂草群落的影响[J].植物保护,2004,30(3):26-29.

[28] 向佐湘,单武雄,何秋虹,等.两种生态控草措施对丘陵茶园杂草群落及物种多样性的影响[J].中国生态农业学报,2009,17(5):857-861.

[29] 程传鹏,万开元,陶 勇,等.不同轮作制度下施肥对冬小麦田间杂草群落及小麦生长的影响[J].生态环境学报,2013,22(3):370-378.

(上接第 222 页)

[22] 冯玉龙,姜淑梅.番茄对高根温引起的叶片水分胁迫的适应[J].生态学报,2001,21(5):747-751.

[23] 高亚军,李生秀,李世清,等.农田秸秆覆盖对冬小麦水氮效应的影响[J].应用生态学报,2005,16(8):1450-1454.

[24] 逢焕成.秸秆覆盖对土壤环境及冬小麦产量状况的影响[J].土壤通报,1999,30(4):174-175.

[25] 张志国.长期秸秆覆盖免耕对土壤某些理化性质及玉米产量的影响[J].土壤学报,1998,35(3):384-390.

[26] Donald D Howard. Rotation and fertilization effects on corn and soybean yield and soybean cyst nematode population in a no – tillage system[J]. Agronomy Journal, 1998,90(4):518-522.

[27] Charles A Norwood. Water use and yield of dryland row crops as affected by tillage system[J]. Agronomy Journal, 1999,91(1):108-115.

[28] Ronald E Phillips, Shirley H Phillips. No-tillage agriculture principles and practices[M]. New York: Nostrand Reinhold Company, 1984.

[29] 刘立晶,高焕文,李洪文.秸秆覆盖对降雨入渗影响的试验研究[J].中国农业大学学报,2004,9(5):12-15.

[30] 周凌云,徐梦雄.秸秆覆盖对麦田耗水量与水分利用率影响的研究[J].土壤通报,1997,28(5):14-15.

[31] 刘 婷,贾志宽,张 睿,等.秸秆覆盖对旱地土壤水分及冬小麦水分利用效率的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2010,38(7):68-76.

[32] 陈素英,张喜英,裴 冬,等.秸秆覆盖对夏玉米田棵间蒸发和土壤温度的影响[J].灌溉排水学报,2004,23(4):32-36.

[33] 袁家富.麦田秸秆覆盖效应及增产作用[J].生态农业研究,1996,4(3):61-65.