

土层深度对三种麦田禾本科杂草出苗及生长的影响

高兴祥¹ 李尚友² 李 美^{1*} 李恩福³ 李 健¹ 房 锋¹

(1. 山东省农业科学院植物保护研究所, 济南 250100; 2. 山东省沂水县黄山铺镇农业综合服务中心, 沂水 276400;

3. 山东省沂水县沙沟镇农业综合服务中心, 沂水 276400)

摘要: 为明确小麦田禾本科杂草在不同土层深度的出苗及生长情况, 选取雀麦 *Bromus japonicus*、节节麦 *Aegilops tauschii* 和野燕麦 *Avena fatua* 三种小麦田常见禾本科杂草, 采用盆栽法系统研究不同土层深度对杂草出苗及生长的影响。结果表明, 小麦田禾本科杂草雀麦、节节麦和野燕麦出苗和生长与不同土层深度密切相关, 在浅土层中均有较好的出苗率, 且后期生长也正常。从出苗时间来看, 雀麦和野燕麦集中出苗时间在播种后 5~11 d, 节节麦略晚于这 2 种杂草; 从最适出苗土层深度来看, 雀麦最适出苗土层深度为 0.5~3.5 cm, 出苗率在 76.0%~87.0% 之间, 节节麦的最适出苗深度为 0.5~8.0 cm, 出苗率在 66.7%~79.3% 之间, 而野燕麦的最适土层深度为 0.5~18.0 cm, 出苗率达 84.2%~94.4%; 从出苗后生长影响来看, 0~20 cm 土层对野燕麦后期生长没有显著影响, 土层深度大于 10.0 cm 对节节麦生长有显著抑制作用, 大于 6.0 cm 即对雀麦有显著影响。研究表明通过深翻土地可以对雀麦和节节麦达到一定的控制作用, 但对野燕麦控制效果相对略差。

关键词: 土层深度; 禾本科杂草; 出苗及生长; 麦田杂草

Effects of soil depths on seedling emergence and growth of three gramineous weeds in wheat fields

Gao Xingxiang¹ Li Shangyou² Li Mei^{1*} Li Enfu³ Li Jian¹ Fang Feng¹

(1. Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, Shandong Province, China; 2. Huangshanpu Town Agricultural Comprehensive Service Center, Yishui County, Yishui 276400, Shandong Province, China; 3. Shagou Town Agricultural Comprehensive Service Center, Yishui County, Yishui 276400, Shandong Province, China)

Abstract: To clarify the effects of different soil depths on the emergence and growth of grass weeds in wheat fields, three weeds, *Bromus japonicus*, *Aegilops tauschii* and *Avena fatua*, were studied in greenhouses. The seedling emergence and growth of these weeds were closely related to the soil depth. These weeds showed good seedling emergence in the shallow soil layer and the late growth was normal. The seedling emergence of *B. japonicus* and *A. fatua* occurred 5–11 days after sowing, and *A. tauschii* emerged later than *B. japonicus* and *A. fatua*. The best seedling soil depth of *B. japonicus*, *A. tauschii* and *A. fatua* were 0.5–3.5, 0.5–8.0 and 0.5–18.0 cm, respectively, and the emergence rates were 76.0%–87.0%, 66.7%–79.3% and 84.2%–94.4%, respectively. There was no significant effect on seedling emergence of *A. fatua* at 0–20 cm soil depths, but there were inhibitory effects on seedling emergence of *A. tauschii* and *B. japonicus* in more than 10.0 cm or 6.0 cm soil depths, respectively. The results indicated that deep ploughing could control *A. tauschii* and *B. japonicus* to a certain extent, but the control effect on *A. fatua* was relatively insignificant.

Key words: soil depth; grass weed; emergence and growth; wheat weed

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFD0200305), 山东省农业科学院科技创新工程项目(CXGC2016B11, CXGC2016A09)

* 通信作者 (Author for correspondence), E-mail: limei9909@163.com

收稿日期: 2018-04-18

杂草是随着人类生产而出现的,它们的存在是长期适应气候、土壤、作物、耕作制度及社会因素的结果(苏少泉,1987;赵玉信等,2015)。杂草是农田生态系统中的负效应组分,每年对农业发展造成巨大损失,据统计全世界广泛分布的农田杂草约有8 000多种,其中有250多种杂草严重危害粮食作物(林冠伦,1991;涂鹤龄,2001;李悦等,2015),我国农田杂草危害面积约达4 164万 hm^2 ,其中草害严重的耕地面积约达927万 hm^2 ,产量损失约175亿 kg ,平均损失率约为13.4%,小麦产量损失率高于平均值,为15%,每年农作物因草害减产高达9.7%,由杂草引起的作物品质下降可造成更大损失(刘亚光等,2004;高新菊等,2016)。黄淮海冬麦区作为我国最主要的小麦产区,近几年随着免耕、浅旋耕等新型耕作制度的变化,另加上肥水条件变化、大面积长期使用除草剂等因素,小麦田杂草群落和结构发生了很大变化,更适宜新型耕作制度的禾本科杂草危害日趋严重,无论是从种类上还是数量上均呈现明显增长的趋势(高兴祥等,2014),严重影响小麦的产量和质量(戴晓琴等,2011),禾本科杂草中尤以雀麦 *Bromus japonicus* 和节节麦 *Aegilops tauschii* 的发生蔓延最为严重和明显,以前只是零星发生,而目前已在山东省、山西省和陕西省,以及河南省和河北省的部分地区大面积发生(房锋等,2015),另一种禾本科杂草野燕麦 *Avena fatua* 则是河南省小麦田主要禾本科杂草之一(高兴祥等,2016)。

麦田禾本科杂草是多年生或越年生杂草,为麦田恶性杂草,通常与小麦同一时间出土,越冬后与小麦同时返青,与小麦同期或提前成熟。禾本科杂草的种子抗逆能力强,并且植株的再生分蘖能力也非常强,较难清除,而目前广泛推广的秸秆还田浅旋耕或免耕深松的耕作方式更利于禾本科杂草的发生和危害,使得禾本科杂草种子多数存留在表土层,当年或次年均可萌发(田欣欣等,2011)。目前研究土层深度对杂草种子出苗和幼苗生长影响的报道较少,曹瑛等(2018)在小麦田设置了4个耕地深度,发现小麦田旋耕10~15 cm对日本看麦娘 *Alopecurus japonicus* 等小粒种子杂草出苗有很大影响,但对野燕麦等大粒种子无明显影响;深翻30~35 cm时,对所有禾本科杂草种子出苗均有明显影响,但其它土层深度的影响尚未见报道,且不同土层深度对小麦田主要杂草雀麦、节节麦和野燕麦等出苗和生长的系统性研究也未见详细研究。基于此,本研究拟从不同土层深度对小麦田雀麦、节节麦和野燕麦等

主要禾本科杂草的出苗及生长影响入手,以期明确3种杂草不适宜的出苗土层,利用耕作技术等农业措施达到控制杂草且减少除草剂用量的目的。

本试验选取雀麦、节节麦和野燕麦3种在黄淮海冬麦区广泛分布的禾本科杂草种子为代表性材料,设置18个土层深度,详细研究禾本科杂草种子在不同土层深度的出苗及生长情况,以期利用耕作(免耕、耕作次数、耕作深度)、轮作等农业措施,有目的的调节和控制麦田禾本科杂草的发生,为禾本科杂草的科学预防和防治提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试禾本科杂草及土壤:雀麦、野燕麦和节节麦的种子均于2015年采集自山东省小麦田,其中雀麦、节节麦采自聊城市高唐县,野燕麦采自菏泽市单县,由山东省农业科学院植物保护研究所杂草研究室实验室保存。土壤为地表过筛壤土,采自山东省济南市历城区王舍人镇农田。

1.2 方法

挑取饱满、大小一致的杂草种子分别置于取样袋中,其中雀麦50粒/袋,野燕麦、节节麦30粒/袋。雀麦种子设置土层深度为0、0.5、1、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、5.0、6.0、8.0和10.0 cm,共13个不同土层深度处理;野燕麦和节节麦种子设置土层深度为0、0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、5.0、6.0、8.0、10.0、12.0、14.0、16.0、18.0和20.0 cm,共18个不同土层深度处理,每个处理均设4次重复。

盆栽杂草的花盆上口直径为27.5 cm,下口直径为20.8 cm,高24 cm。播种时具体实施方法为:将报纸铺于花盆底部,以防止土壤漏出;按照设置的播种深度装过筛壤土,压实至相应的土壤深度;把装好土的花盆在温室培养架上摆好,将3种杂草种子均匀地撒于花盆中;向播种后的花盆撒过筛壤土,最终至距离花盆上口水平距离2 cm,播种后2 d采用底部渗灌的方式浇水,浇至土壤表面有水为止;播种后第1天开始每天记录每盆杂草出苗株数,调查至播种后35 d,计算出苗率,出苗率=出苗数/种子总数 $\times 100\%$ 。同时,播种后90 d采集杂草地上部,称取地上部鲜重,计算不同土层深度对杂草生长的影响。

1.3 数据分析

试验数据采用SPSS 17.0统计软件进行单因素方差分析,应用Duncan氏新复极差法进行差异显著性检验,采用Excel 2010绘图。

2 结果与分析

2.1 土层深度对杂草出苗的影响

2.1.1 对雀麦出苗的影响

观察不同土层中的雀麦种子出苗情况,结果显示,雀麦在各土层的出苗时间主要集中在播种后5~11 d,其中0.5~2.5 cm土层深度中的雀麦种子出土略早于其它土层,0 cm表土层的雀麦在第15天时才有

连续出苗。在播种后20 d时,各个土层的雀麦基本出苗结束(图1)。

从各个土层深度下雀麦的出苗率可以看出,适宜雀麦出苗的土层深度为0.5~3.5 cm,在此土层深度下雀麦出苗率在76.0%~87.0%之间;在4.0、5.0、6.0 cm土层深度的出苗率略低,仅分别为34.0%、30.5%和19.5%;在8.0 cm和10.0 cm土层深度下,雀麦仅有零星出苗或者不出苗(图1)。

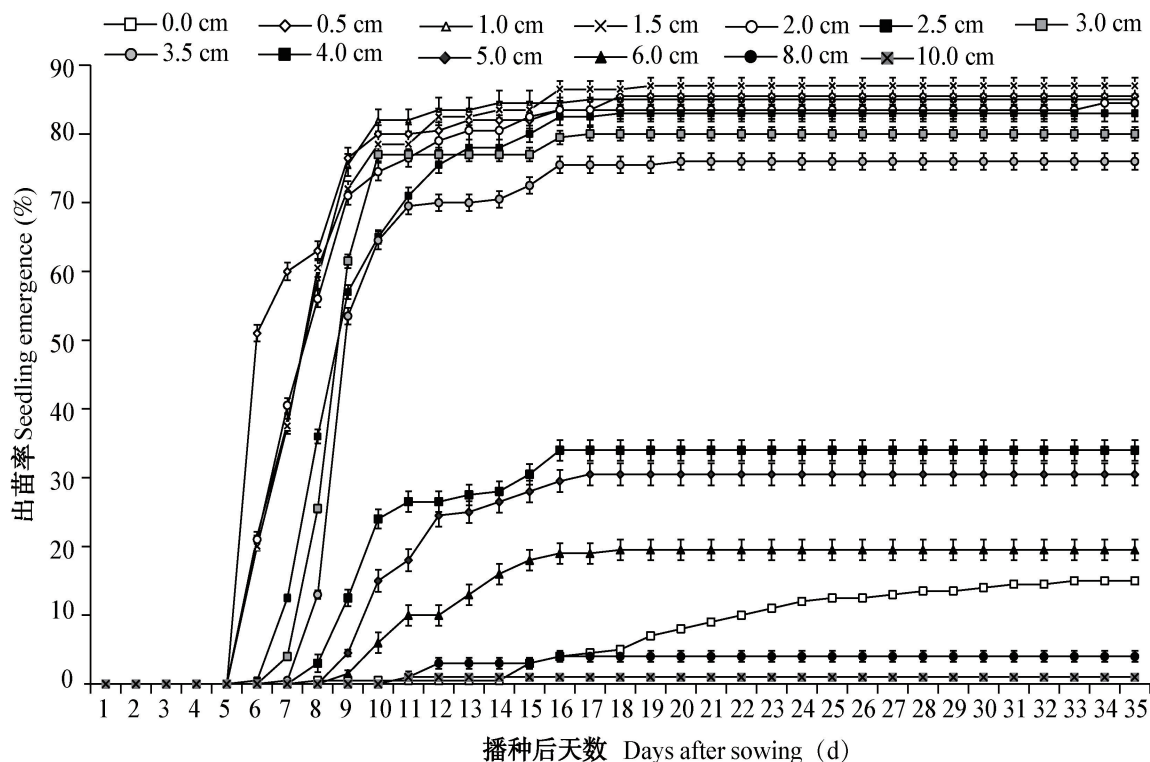


图1 雀麦种子在不同土层深度下的逐日出苗情况

Fig.1 Daily emergence rates of *Bromus japonicus* seeds under different sowing depths

图中数据为平均数±标准误。Data are mean±SE.

2.1.2 对节节麦出苗的影响

观察不同土层中的节节麦种子出苗情况,结果显示,节节麦在各土层的出苗时间主要集中在播种后7~16 d。0.5~2.0 cm土层深度中的节节麦种子出苗较早,在播种后第8~10天陆续出苗,0.5~6.0 cm土层深度中的种子在播种后第19天逐渐停止出苗,8.0~14.0 cm土层深度中出苗直至播种后第26天,当土层深度大于14.0 cm时,节节麦几乎不能出苗。所以,节节麦种子在各土层的出苗时间主要集中在播种后7~18 d,当土层深度大于14.0 cm时,种子出苗极少(图2)。

从各个土层深度下节节麦的出苗率可以看出,适宜节节麦出苗的土层深度为0.5~8.0 cm,在此土层深度下,节节麦均有较好的出苗率,在66.7%~79.3%之间;在10.0、12.0、14.0 cm土层深度的出苗率仅分别为

45.0%、33.3%和15.7%;在16.0、18.0和20.0 cm土层深度下,节节麦仅有零星出苗或者不出苗。

2.1.3 对野燕麦出苗的影响

观察不同土层中的野燕麦种子出苗情况,结果显示,18个土层深度的野燕麦种子在播种后第5天开始发芽,0.5~8.0 cm土层深度中的种子出苗集中在播种后6~11 d中,而10.0~18.0 cm土层深度中的种子发芽集中在播种后11~18 d,在播种后20 d时才停止发芽。所以,浅土层(<10.0 cm)中野燕麦种子的出苗时间集中于播种后6~11 d,深土层(>10.0 cm)中野燕麦种子的出苗时间集中于播种后12~18 d,且各土层在播种后20 d基本停止出苗(图3)。

野燕麦的出苗受土层深度影响较小,适宜野燕麦出苗的土层深度幅度大,0.5~18.0 cm土层深度均适

合其出苗,出苗率在84.2%~94.4%之间,其在20.0 cm 土层深度下也有较好的出苗率,为75.0%。

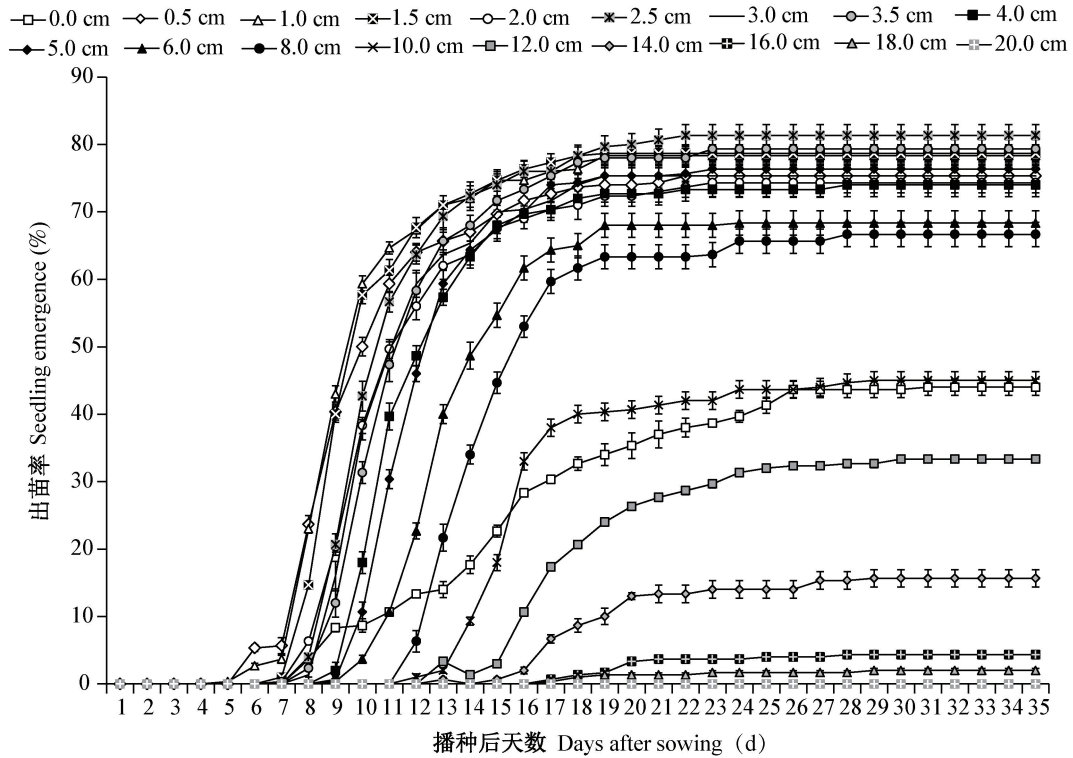


图2 节节麦种子在不同土层深度下的每天出苗情况

Fig. 2 Daily emergence of *Aegilops tauschii* seeds under different sowing depths

图中数据为平均数±标准误。Data are mean±SE.

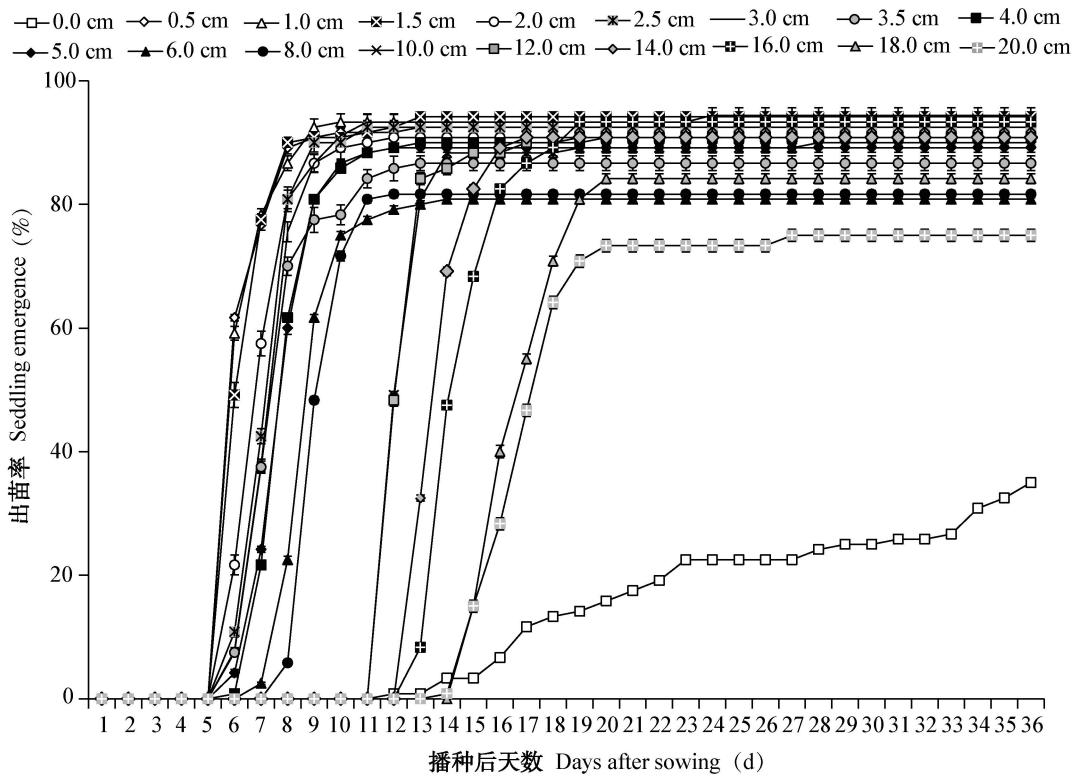


图3 野燕麦种子在不同土层深度下的每天出苗情况

Fig. 3 Daily emergence of *Avena fatua* seeds under different sowing depths

图中数据为平均数±标准误。Data are mean±SE.

2.2 土层深度对杂草生长的影响

不同土层深度对3种禾本科杂草出苗后生长的影响各不相同。受影响最小的是野燕麦,即使20.0 cm深度土层的野燕麦虽然出土时间略晚,但对后期生长影响不大,不同土层深度处理之间均无显著差异,鲜重在34.6~40.2 g/株之间。另2种禾本科杂草节节麦和雀麦在较深土层下出土后,长势弱,对后期生长影响也较大,其中土层深度 ≥ 10.0 cm时节节麦长势明显变差,鲜重为0~12.2 g/株之间,显著小于浅土层深度处理的16.2~18.4 g/株;雀麦则是在土层深度 ≥ 8.0 cm时即受到显著影响,鲜重为0~3.5 g/株,在0.5~6.0 cm深土层深度下鲜重为7.6~8.5 g/株(表1)。

表1 不同土壤深度对3种禾本科杂草生长的影响

Table 1 The effects of different soil depths on the growth of *Bromus japonicus*, *Aegilops tauschii* and *Avena fatua* g/plant

土层深度 Soil depth (cm)	雀麦 <i>B. japonicus</i>	节节麦 <i>A. tauschii</i>	野燕麦 <i>A. fatua</i>
0.0	4.6±0.6 Ab	16.4±2.5 Aa	36.9±3.5 Aa
0.5	8.5±0.8 Aa	16.2±1.6 Aa	36.2±4.0 Aa
1.0	7.6±0.6 Aa	18.2±2.1 Aa	40.2±4.1 Aa
1.5	8.1±0.8 Aa	17.1±2.2 Aa	38.5±3.2 Aa
2.0	7.9±1.0 Aa	17.6±1.6 Aa	36.5±2.6 Aa
2.5	8.0±0.4 Aa	18.4±1.8 Aa	37.4±3.2 Aa
3.0	8.2±0.6 Aa	16.9±3.2 Aa	38.2±2.5 Aa
3.5	7.6±0.5 Aa	16.2±1.4 Aa	39.2±1.2 Aa
4.0	8.1±0.5 Aa	16.4±2.2 Aa	36.4±2.4 Aa
5.0	8.4±0.9 Aa	16.5±2.4 Aa	38.2±3.1 Aa
6.0	7.6±0.6 Aa	16.4±2.6 Aa	38.4±1.6 Aa
8.0	3.5±0.4 Bb	16.2±1.5 Aa	39.2±2.4 Aa
10.0	0.0±0.0 Cc	12.2±2.6 Bb	36.2±1.9 Aa
12.0	0.0±0.0 Cc	10.6±2.9 Bb	38.2±3.6 Aa
14.0	0.0±0.0 Cc	9.5±2.6 Cc	34.6±3.8 Aa
16.0	0.0±0.0 Cc	5.2±1.2 Dd	35.4±2.4 Aa
18.0	0.0±0.0 Cc	0.0±0.0 Ee	36.2±4.1 Aa
20.0	0.0±0.0 Cc	0.0±0.0 Ee	37.4±3.2 Aa

表中数据为平均数±标准误。同列不同大、小写字母表示同一杂草鲜重在不同土层深度处理之间经Duncan氏新复极差法检验在 $P<0.01$ 和 $P<0.05$ 水平差异显著。Data are mean±SE. Different uppercase or lowercase letters indicate significant different in the fresh weight of the same weed under different soil depths at $P<0.01$ or $P<0.05$ level by Duncan's new multiple range test.

3 讨论

种子出苗率主要反映种子的生活力,本试验结果表明3种禾本科杂草种子在不同土层深度下的出苗率有很大差异,但总体上在6.0 cm以上的土层中

均有较高的出苗率,但不同种子之间发苗早晚和最适土层深度有明显差异,造成这些差异的原因可能与杂草种子自身大小有关。早在1967年Wiese & Davis(1967)把不同杂草种子播种于不同深度土壤进行发芽试验,结果表明种子大小与其在不同土层内的出苗有关,认为种子越大,在土壤中的出苗深度也越深。唐洪元等(1986)也认为,杂草种子大,顶土力强,能在深土层出苗。Stolles & Wax(1973)在肯定上述观点的同时,提出浅土层的种子萌发还与种子光敏度有关,认为杂草种子大,出土时顶土力强,能从较深土层内破土而出。本试验结果表明,雀麦、节节麦和野燕麦这3种禾本科杂草出苗时间差异不大,均是在播种后5 d开始出苗,其中节节麦略晚于雀麦和野燕麦,但3种禾本科杂草适宜的土层深度差异大,野燕麦适宜的土层幅度最大,节节麦次之,如雀麦种子的最适出苗深度为0.5~3.5 cm,节节麦的最适出苗深度为0.5~8.0 cm,而野燕麦的最适出苗深度为0.5~18.0 cm。这与商联义和黄玉富(1993)研究的野燕麦适宜出苗土层基本一致。

种子播种深度略高于适宜土层也可以出土,但后期生长可能会受到影响。本试验结果表明,土层深度高于6.0 cm就会对雀麦出苗后的生长有很大影响,土层深度高于10.0 cm才会对节节麦后期生长有影响,野燕麦在土层深度为20 cm处理中出苗率虽然略低,但对后期生长基本无影响,表明通过深翻农艺措施可以较好地控制雀麦和节节麦的危害,但对野燕麦的控制相对略差。

目前提倡的免耕、旋耕和秸秆覆盖等保护性耕作在提高农业功效、解放劳动力方面发挥了巨大作用,但随着保护性耕作实施多年,一些区域性的病、虫、草害发生扩展迅速,尤其是杂草危害日益严重(师江澜等,2006)。有研究者认为免耕措施使得适宜土地表面出土的杂草蔓延迅速,Cardina et al. (2002)调查轮作和耕作方式对土壤种子库的影响时发现,不同耕作方式对种子库密度的影响依次为免耕连作>轮作>犁耕连作。这是因为耕作方式的不同影响杂草种子在土壤中的垂直分布,使种子所处的埋藏深度、水分、光照等发生改变,从而间接影响种子的出苗情况,因而土壤中杂草种子埋藏深度的不同和萌发能力的差异可能是不同耕作条件下杂草种子库组成变化的主要原因。本试验研究了不同土层深度对雀麦、节节麦和野燕麦3种禾本科杂草种子的萌发能力和出苗生长情况的影响,结果可为利用耕作(免耕、耕作次数、耕作深度)、轮作等农业措

施,有目的的调节和控制麦田禾本科杂草的发生,为禾本科杂草的科学预防和防治提供一定的理论依据。

参 考 文 献 (References)

- Cao Y, Fan BE, Xu XM, Feng YB. 2018. Effects of agricultural measures on seedling of main gramineous weeds in wheat field. Chinese Agricultural Science Bulletin, 34(33): 7-11 (in Chinese) [曹瑛, 范变娥, 许西梅, 冯渊博. 2018. 农业措施对小麦田主要禾本科杂草出苗的影响. 中国农学通报, 34(33): 7-11]
- Cardina J, Herms CP, Doohan DJ. 2002. Crop rotation and tillage system effects on weed seedbanks. Weed Science, 50(4): 448-460
- Dai XQ, Ouyang Z, Li YS. 2011. Weed density and its biomass in wheat field under effects of different tillage and fertilization modes. Chinese Journal of Ecology, 30(2): 234-240 (in Chinese) [戴晓琴, 欧阳竹, 李运生. 2011. 耕作措施和施肥方式对麦田杂草密度和生物量的影响. 生态学杂志, 30(2): 234-240]
- Fang F, Gao XX, Wei SH, Li Y, Li M, Zhang CX. 2015. Occurrence and effects of *Aegilops tauschii* in China. Acta Prataculturae Sinica, 24(2): 194-201 (in Chinese) [房峰, 高兴祥, 魏守辉, 李燕, 李美, 张朝贤. 2015. 麦田恶性杂草节节麦在中国的发生发展. 草业学报, 24(2): 194-201]
- Gao XJ, Wang HL, Ma YH, Guo MY, Zhang JT, Chen W. 2016. Species composition and characterization of weed communities in wheat fields in Henan Province. Journal of Plant Protection, 43(4): 697-704 (in Chinese) [高新菊, 王恒亮, 马毅辉, 郭梅燕, 张俊涛, 陈威. 2016. 河南省小麦田杂草组成及群落特征. 植物保护学报, 43(4): 697-704]
- Gao XX, Li M, Fang F, Li J. 2016. Species composition and characterization of weed community in winter wheat fields in Henan Province. Journal of Triticeae Crops, 36(10): 1402-1408 (in Chinese) [高兴祥, 李美, 房峰, 李健. 2016. 河南省冬小麦田杂草组成及群落特征. 麦类作物学报, 36(10): 1402-1408]
- Gao XX, Li M, Fang F, Zhang YL, Sun ZW, Qi JS. 2014. Species composition and characterization of weed communities in wheat fields in Shandong Province. Acta Prataculturae Sinica, 23(5): 92-98 (in Chinese) [高兴祥, 李美, 房峰, 张悦丽, 孙作文, 齐军山. 2014. 山东省小麦田杂草组成及群落特征. 草业学报, 23(5): 92-98]
- Li Y, Wang JH, Zhu SB, Wang CY, Zhu WS. 2015. Allelopathy of leaf water extracts of *Rhus chinensis* Mill. on two common weeds. Anhui Agricultural Science Bulletin, 21(8): 35-36 (in Chinese) [李悦, 王金辉, 朱世贝, 王传玉, 朱旺生. 2015. 盐肤木叶水浸提液对2种常见杂草的化感作用. 安徽农学通报, 21(8): 35-36]
- Lin GL. 1991. Major achievements in weeds prevention and control in China in 80s. Plant Protection, 17(1): 27-29 (in Chinese) [林冠伦. 1991. 80年代我国杂草生防的主要成就. 植物保护, 17(1): 27-29]
- Liu YG, Li BS, Zhao B. 2004. The bio-attributes and community of grass family weeds in Harbin. Journal of Northeast Agricultural University, 35(1): 1-5 (in Chinese) [刘亚光, 李柏树, 赵滨. 2004. 哈尔滨地区田间禾本科杂草生物学特性及群落结构的调查. 东北农业大学学报, 35(1): 1-5]
- Shang LY, Huang YF. 1993. Occurrence characteristics and chemical weeding techniques of wild oats in wheat field after rice. Plant Protection, 19(1): 50 (in Chinese) [商联义, 黄玉富. 1993. 稻茬麦田野燕麦发生特点及化学除草技术研究. 植物保护, 19(1): 50]
- Shi JL, Liu JZ, Wu FQ. 2006. Research advances and comments on conservation tillage. Agricultural Research in the Arid Areas, 24(1): 205-212 (in Chinese) [师江澜, 刘建忠, 吴发启. 2006. 保护性耕作研究进展与评述. 干旱地区农业研究, 24(1): 205-212]
- Stoller EW, Wax LM. 1973. Periodicity of germination and emergence of some annual weeds. Weed Science, 21(6): 574-580
- Su SQ. 1987. Weed, weed control and weed science. World Agriculture, (2): 42-44 (in Chinese) [苏少泉. 1987. 杂草、杂草防治与杂草科学. 世界农业, (2): 42-44]
- Tang HY, Wang XH, Hu YQ, Ye CD. 1986. The seedling emergence of Shanghai main weed species seeds sown at different soil depths. Acta Agriculturae Shanghai, 2(4): 111-118 (in Chinese) [唐洪元, 王学鹤, 胡亚琴, 叶承道. 1986. 上海农田主要杂草种子在土层内的出苗规律. 上海农业学报, 2(4): 111-118]
- Tian XX, Bo CY, Li L, Xu DD, Ning TY, Han HF, Tian SZ, Li ZJ. 2011. Effects of different soil tillage systems on weed biodiversity and wheat yield in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) field. Acta Ecologica Sinica, 31(10): 2768-2775 (in Chinese) [田欣欣, 薄存瑶, 李丽, 徐东东, 宁堂原, 韩惠芳, 田慎重, 李增嘉. 2011. 耕作措施对冬小麦田杂草生物多样性及产量的影响. 生态学报, 31(10): 2768-2775]
- Tu HL. 2001. Development in research and controlling of weeds in the fields of China. Pesticides, 40(3): 1-3 (in Chinese) [涂鹤龄. 2001. 我国农田杂草研究和防治进展. 农药, 40(3): 1-3]
- Wiese AF, Davis RG. 1967. Weed emergence from two soils at various moisture, temperature and depths. Weed science, 15(2): 118-121
- Zhao YX, Yang HM. 2015. Effects of crop pattern, tillage practice and water and fertilizer management on weeds and their control mechanisms. Acta Prataculturae Sinica, 24(8): 199-210 (in Chinese) [赵玉信, 杨惠敏. 2015. 作物格局、土壤耕作和水肥管理对农田杂草发生的影响及其调控机制. 草业学报, 24(8): 199-210]

(责任编辑:王璇)