

牧草种子收获后的田间管理措施

陈玲玲^{1,2}, 支树立³, 毛培胜¹, 陈琪²

(1. 中国农业大学草业科学系 草业科学北京市重点实验室, 北京 100193;

2. 赤峰市农牧科学研究院, 内蒙古 赤峰 024031; 3. 北京市畜牧业环境监测站, 北京 102200)

摘要: 牧草种子收获后的田间管理对次年的种子产量具有重要影响, 尤其是在果后营养生长期较长的地区, 种子收获后针对秸秆和残茬的田间管理往往被忽视, 对于新的枝条形成、越冬返青以及植被的利用年限均造成不利影响。本文对牧草种子田收获后的田间管理方法、作用、效果和技术要点等进行综述, 并结合国内外的研究进展, 提出牧草种子收获以后, 在管理种子田的方法措施中普遍存在的问题, 为解决我国牧草种子产量低、质量差等问题提供理论依据和技术支持。

关键词: 牧草种子; 收获; 管理; 残茬; 秸秆

中图分类号: S339.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0629(2014)12-2356-07*

Post-harvest management for forage seed production

CHEN Ling-ling^{1,2}, ZHI Shu-li³, MAO Pei-sheng¹, CHEN Qi²

(1. Department of Grassland Science, China Agricultural University, Beijing Key Laboratory of Grassland Science, Beijing 100193, China;

2. Chifeng Academy of Agricultural and Animal Sciences, Chifeng 024031, China;

3. Beijing Animal Husbandry Environmental Monitoring Station, Beijing 102200, China)

Abstract: There are significant effects of field post harvest managements on forage seed yield in the next year, especially in the areas with longer vegetative growth after fruiting. For post harvest managements, straw and stubble treatments usually were neglected which lead to negative influence on the branch and tiller formation, overwinter, regrowth in spring and utilization period. The stubble removing can reduce the shading, improve the development of new tillers, reduce temperature for vernalization, and increase the reproductive tillers. The existing problems of postharvest management were summarized by introduction of methods, roles, technical points and research status. The objective of this study was to introduce the effects of different postharvest management practices, and provide a theoretical basis and technical support for forage seed production.

Key words: forage seed; harvest; management; stubble; straw

Corresponding author: MAO Pei-sheng E-mail: maops@cau.edu.cn

牧草种子收获后的田间管理技术是多年生牧草种子生产当中的重要环节, 主要包括残茬清理、疏枝、施肥和灌溉 4 个方面^[1-8]。其中残茬清理是最重

要的环节, 疏枝、施肥和灌溉是在清理残茬之后^[9-12], 根据牧草的种性和气候条件, 结合实际生产, 进行相关管理措施。清除残茬主要包括秸秆和

* 收稿日期: 2014-01-10 接受日期: 2014-05-20

基金项目: 国家“十二五”科技支撑计划课题(2011BAD17B01-02)

第一作者: 陈玲玲(1982-), 女(蒙古族), 内蒙古赤峰人, 在读博士生, 主要从事牧草种子生理与良种扩繁研究。

E-mail: chenlingling001@126.com

通信作者: 毛培胜(1970-), 男, 内蒙古锡林浩特人, 教授, 博士, 主要从事牧草种子生理与良种扩繁研究。E-mail: maops@cau.edu.cn

残茬的清除。清除残茬可防治虫害,移除植株基部的残株,有利于植株吸收阳光从而形成分蘖枝,能增加次年牧草种子产量。

牧草种子是改良退化草地,建植栽培草地的物质基础。随着我国对生态环境保护意识的增强,对生态建设投资规模的加大,以及畜牧业的快速发展,对牧草种子的需求量逐年增加。由于我国牧草种子产业刚刚起步,生产技术还不成熟,国内生产的牧草种子已满足不了需求,因此通过田间管理方式提高种子产量和质量迫在眉睫。目前,国内有关牧草种子收获以后的田间管理方面的研究很少^[13-14],国外传统的方法主要是火烧,相关研究集中在禾本科牧草中^[15-17],但是从20世纪80年代中期开始,种子收获后的田间管理方式迅速转变,随着机械化水平的提高和畜牧业的发展,更多有效的方法不断兴起。本文在系统地总结国内外相关方法的基础上,从技术的需求和实用性方面进行研究,提出更有效的方法,以期获得高产、优质牧草种子、研究其产量因子作用机理提供科学依据。

1 残茬清理

清除残茬是牧草种子生产中的重要一环,在秋季,收获牧草种子以后对种子田进行残茬的清理,能改善植株光照条件,增加生殖枝数,有利于花芽分化,而且促进田间营养物质的循环,防治病虫害,从而提高次年的种子产量^[18-19]。清理残茬的方法主要有火烧、刈割、秸秆还田和放牧^[20-21]。

1.1 火烧

火烧不仅是草原管理的重要手段也是牧草种子田的一项重要措施。这一方法简而易行,成本也低,适用于禾本科牧草。在牧草成熟时期,禾本科牧草基本处于休眠状态,其含水量低、干物质少,适合火烧。对于豆科牧草,在收获种子时牧草本身含水量较高,因此,不适合火烧。火烧方法主要有露天火烧和丙烷火烧两种^[22]。火烧残茬的时间必须在秋季牧草开始分蘖之前进行,避免造成分蘖植株的高温伤害。种子收获后及时火烧残茬可改善牧草的生长环境,有利于果后营养枝的形成,进而有更多营养物质贮存在分蘖节中,不但能安全越冬也有助于早返青,为分蘖的增加、花序的形成创造良好的条件,从而提高牧草种子产量。通过火烧能杀死虫卵和杂草,防治病虫害,能抑制因种子落地而产生的自

生苗和杂草的生长^[23]。

美国俄勒冈州是世界上最主要的冷季型牧草和草坪草种子生产区,也是国际公认的专业化种子生产中心。被誉为“世界草种之都”的俄勒冈州威拉米特山谷生产着美国70%的冷季型草坪草种。在该地区,从20世纪40年代起,人们开始用露天焚烧的方法清理种子田残茬,一直到20世纪80年代,立法部门出台了相关法律,规定种植户先注册火烧区域,并准许火烧注册面积的75%~80%。1985—1990年,准许火烧的面积降到只占注册面积的40%,而牧草种子生产田面积却从11.3万 hm^2 增长到14.2万 hm^2 ^[24]。因此,随着种子田面积的增加^[25](图1),越来越多的烟雾被排放出来,从而对周围环境造成影响。1991年,俄勒冈州立法机关加大对开放田火烧面积的监管力度,种植户开始采取非热能的种子田收获后的田间管理方式,从1992年到1998年间,牧草种子因露天焚烧面积从1.36万 hm^2 迅速下降0.73万 hm^2 (图1)。到2009年时,露天火烧面积只占种子田总面积的7%左右^[24]。如今,露天火烧在多花黑麦草(*Lolium multiflorum*)、多年生黑麦草(*L. perenne*)、鸭茅(*Dactylis glomerata*)和高羊茅(*Festuca elata*)等种子田中不再被应用,只有在细羊茅(*F. stapfii*)、剪股颖(*Agrostis matsumurae*)、草地早熟禾(*Poa paratensis*)等不适宜用非热能处理的品种中继续被应用^[24]。Chastain等^[25]以邱氏羊茅(*F. rubra* subsp. *commutata*)、强匍匐紫羊茅(*F. rubra* subsp. *rubra*)和细匍匐紫羊茅(*F. rubra* subsp. *litoralis*)3个细羊茅品种为试验材料,研究种子生产力对5种不同清除残茬方式的响应,结果表明,3种细羊茅品种种子生产力对不同残茬清理方法的响应不同,在种植第2年和第3年,火烧处理的种子生产力显著高于非热能处理,在3个细羊茅品种中,火烧方法均能提高邱氏羊茅和强匍匐紫羊茅两个品种的种子产量,对细匍匐紫羊茅效果不显著。Young等^[22]在俄勒冈州选择刈割、切碎、丙烷火烧和露天火烧4种清除残茬方法对匍匐紫羊茅(*F. rubra* subsp. *rubra* cv. Cindy)和邱氏羊茅种子产量和质量的影响,结果表明,在4种方法中露天火烧获得了匍匐紫羊茅最高种子产量,其次是丙烷火烧法。4种方法对紫羊茅种子质量的影响不大。火烧处理百喜草(*Paspalum nata-*

tu)残茬比刈割处理返青早,火烧处理以后的种子产量比刈割处理的产量高^[26]。杨义成等^[27]研究火烧处理、刈割处理和自然状态下百喜草株高、茎重、叶重等 10 个农艺性状对百喜草种子产量的影

响,结果表明,火烧处理和刈割处理的决定系数比自然状态下的决定系数高,说明两种处理均能提高百喜草种子产量。

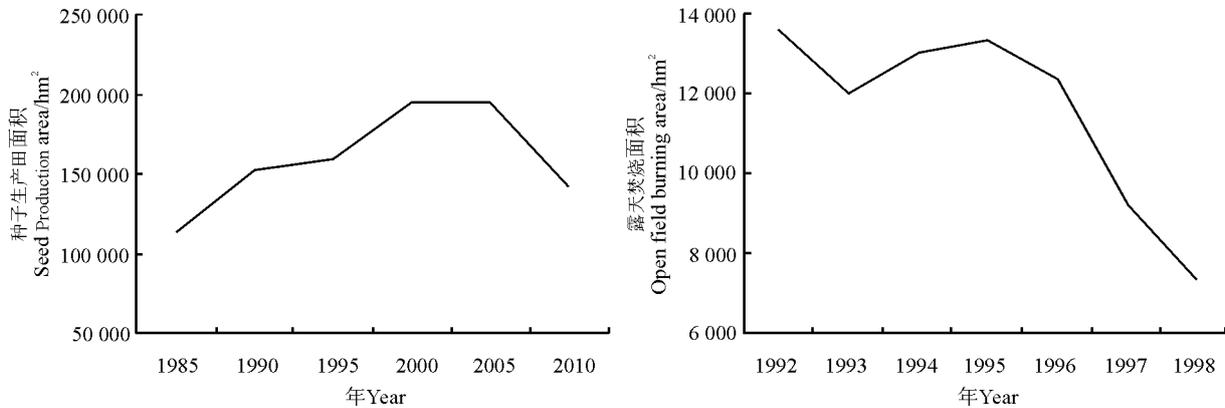


图 1 俄勒冈州威拉米特山谷牧草种子田露天焚烧面积和生产面积变化趋势

Fig.1 Trends in open field burning of grass seed crops and grass seed production area of Willamette valley

1.2 刈割

对于茎叶含水量较高,不易燃的豆科牧草,或者夏秋降水多的地区,收获牧草种子以后可以采取刈割的方法,可用割草机低茬刈割。牧草进行刈割以后需要及时移出残茬,运走秸秆,减少覆盖物,为枝条提供充足的光线条件,有利于分蘖株的形成。火烧被法律禁令以后,种植户普遍采用刈割方法。刈割的牧草可用于养牲畜、出售或者出口,不同的国家用法不同,通常根据牧草品种、种植年限、轮作方式以及经济效益等采取不同的用法。例如在新西兰、美国华盛顿和英格兰,刈割后的残茬通常被作为奶牛和其他动物的饲料来使用;在阿根廷,刈割残茬后打捆出售;在日本,收获后的残茬常被作为奶牛粗饲料来使用;在丹麦,前两年刈割后打捆,最后一年一般切断残茬,或者用生长调节剂控制残茬;在美国俄勒冈州,刈割后的残茬常被出口,出口的牧草品种主要有高羊茅和黑麦草^[22,24]。不同的刈割方法、不同的刈割时间对次年的种子产量有不同影响,相关研究也有不同的说法。不同刈割时间和不同留茬高度显著影响第 2 年新麦草(*Psathyrostachys juncea*)的种子产量和单位面积生殖枝数,而对生殖枝小穗数、小穗小花数、小穗种子数和千粒重等的影响不显著,说明刈割残茬主要是通过影响单位面积生殖枝数来影响第 2 年的种子产量。其中,收获种子以后立即齐地刈割处理组获得了最高的生殖枝数和种子

产量^[28]。春季火烧草甸羊茅(*F. pratensis*)对种子产量和质量有显著效果,比无处理的对照组种子产量提高了 9%,而收获种子后延迟两周刈割会降低次年种子产量,比对照组减少了 9%,收获后立即刈割处理对种子产量的影响不明显,4 种处理对种子质量的影响不大;在两种刈割处理中,种子收获后立即刈割比延迟刈割两周的产量低,但是牧草质量优于延迟刈割两周处理^[29]。

1.3 秸秆还田

作物光合作用产物的一半都在秸秆中存在,因此牧草秸秆富含氮、磷、钾、钙、有机质等营养物质,其用途多,是一种再生的生物资源,但其粗纤维含量高(30%~40%),并含有木质素,一般作为粗饲料饲喂反刍动物。据张夫道等^[30-31]的统计,豆科作物秸秆含氮多,而禾本科作物秸秆含钾多,作物秸秆能提供的养分约占有机肥总养分的 13%~19%,是重要的有机肥源。我国对农作物秸秆的利用历史悠久,随着科学技术的发展和农业机械化水平的提高,秸秆的利用由原来的堆沤肥、垫圈、喂养牲畜、作燃料,转变为秸秆直接还田^[32-34]。目前,国内对农作物秸秆还田的研究颇多^[35-38],但对牧草秸秆还田的研究鲜见报道。美国俄勒冈州地区,用机械将牧草秸秆直接粉碎后还田^[15]。秸秆粉碎还田后,秸秆覆盖地面,加速秸秆在土壤中的腐解速度,被土壤吸收后改善土壤的团粒结构和理化性状,增加土壤肥力,节约

化肥用量,控制杂草生长,促进牧草分化。牧草秸秆还田是新兴的方法,目前相关报道很少。由于有些牧草秸秆质量差、价格低廉,将残茬刈割、打捆以后出售,其经济效益差,因此,可以通过秸秆还田,以有机肥的形式增加土壤有机质、氮、磷、钾含量,改善土壤理化性质,并且起到清除杂草,抗旱保墒的作用,这样不但降低肥料成本,也减少灌溉次数,具有较好的经济适用价值。

1.4 放牧

收获牧草种子以后也可以采用放牧的办法来清理残茬,这种方法不但有利于次年的种子产量,而且也可以为家畜提供饲草和活动场所,可以解决牧区冬季饲草短缺的问题,也有利于家畜在放牧过程中得到适当的运动和充足的光照,为家畜机体的健康、良好发育提供了优越条件。江生泉等^[39]研究冬季放牧对新麦草植株生长与种子增产效应,试验选择30只绵羊在12 hm²新麦草种子田自由放牧,放牧时间为56 d,放牧结束时草茬的平均高度为5 cm,结果表明冬季放牧可明显促进新麦草种子田的生育进程,能促进生殖生长,抑制营养生长,可提高单位面积生殖枝数,从而提高种子产量。冬季放牧可以充分利用牧草残茬和再生牧草满足家畜营养需求,但是,冬季放牧需要注意家畜的放牧强度、家畜种类以及放牧结束的时间,避免家畜啃食过低对植株造成伤害。

2 疏枝

多年生牧草随着种植年限的增加,植株密度逐渐增加,从而影响牧草种子产量。在牧草种子收获后采用疏枝措施,降低种子田内枝条密度,控制植株高度,促进生殖枝的生长和开花,从而增加次年或以后几年的牧草种子产量。疏枝可分为耙地或行内疏枝两种,可以采用圆盘耙或旋耕机来进行疏枝,减少枝条的密度。不疏行处理相比疏行处理的扁穗冰草(*Agropyron cristatum*)生殖枝数、每生殖枝小穗数、小花数、种子数、种子千粒重和种子产量随着行距的增大而增加,且差异显著,除了生殖枝数以外其余种子产量组成因素均达到最大值^[40]。与未疏枝相比,秋季行内疏枝的紫花苜蓿(*Medicago sativa*)种子产量差异显著,种子产量达763.3 kg·hm⁻²,比未疏枝增产35.4%,平均结荚花序数提高28.1%,败育种子数减少55.6%^[41]。在种植第二年,播种量

为2.5 kg·hm⁻²,行距为60 cm的紫花苜蓿种子田中进行行内疏枝试验,其行内间隔为22.5和45 cm,结果表明,两种处理组的种子产量分别为446和396 kg·hm⁻²,对照不疏枝处理组的种子产量为350 kg·hm⁻²,疏枝可以显著提高种子产量($P < 0.05$)^[42]。在美国爱达荷的试验显示,行距为61 cm,行内61 cm间距疏枝,3年平均种子产量最高,达1 120 kg·hm⁻²,显著高于行内10和20 cm间距疏枝的处理^[43]。紫花苜蓿行间中耕或行内疏枝可抑制枝条的向上生长,减少倒伏,促进开花,提高小花的花蜜产生量和蜜糖的含量,有利于昆虫的传粉,增加每一枝条上的果荚数和每荚的种子数^[44]。行内疏枝的增产作用可以延长到随后的生产年份。

3 施肥

在种子收获后,为促进植株分蘖和枝条的生长,满足土壤养分的供给,常在种子收获后进行秋季施肥^[45-46]。尤其是在具有沙性的土壤中,多年生禾草种子田常在秋季施用一定比例的氮肥,一方面有利于分蘖枝条的营养供给,贮备足够的养分进行越冬,另一方面也有助于春季返青和幼苗的生长。施肥常结合灌溉进行。在甘肃酒泉,于秋、春季对紫花苜蓿种子田施磷肥,第2年返青时灌溉1次,在速效磷含量为22.1 mg·kg⁻¹的土壤上施360 kg·hm⁻²的磷肥,采用前一年秋季施1/3,生产当年春季追施2/3,试验小区获得种子产量1 523.2 kg·hm⁻²的高产,较春季施肥的种子产量(1 152.8 kg·hm⁻²)提高32.1%^[43]。同样,在甘肃酒泉对老芒麦(*Elymus sibiricus*)进行春季施氮肥,春、秋施氮肥和秋季施氮肥,试验发现,春、秋分次施氮处理种子产量最高,种子发芽率、发芽指数、种子活力指数达最大值^[47]。在河北坝上地区,对种植第2年无芒雀麦(*Bromus inermis*)种子田分春、秋季施氮肥100 kg·hm⁻²(秋季70 kg·hm⁻²+春季30 kg·hm⁻²)可获得最高种子产量,秋、春季分期施氮肥比春季一次性施肥能更好地满足无芒雀麦植株分蘖和幼穗分化及种子形成时期营养物质需求,同时分期施氮肥可以更有效地利用土壤氮素^[48]。秋季、冬季、春季分施氮肥能提高多花黑麦草的种子活力,并能得到较高的种子产量^[49]。在不同施氮量对紫羊茅种子产量影响的研究中,秋季和春季分期施氮肥可获得最高产量^[50]。秋季种子收获后分施一部分肥,能促进植株分蘖和

枝条的生长,能更好地满足幼穗分化及种子形成时期营养物质需求,满足土壤养分的供给,可增加牧草潜在生殖枝数目,相应地提高第2年的种子产量。

4 灌溉

在种子收获后和冬季上冻前,根据土壤水分状况及时灌溉,避免土壤水分胁迫对于植株分蘖和枝条营养生长的影响,可以促进生殖枝的形成和发育,对于种子产量的持续稳定具有关键作用。另外,上冻前充分灌溉保持土壤水分,防止冬季严寒低温造成根系冻害,有助于根系活性保持和安全越冬。而且土壤水分的保持也有利于根系萌动返青,保证返青幼苗的数量和幼苗的正常生长,为高产种子的收获奠定基础。在牧草种子收获以后的田间管理措施中,关于灌溉对次年种子产量影响的研究很少,一般只是以越冬水的形式进行灌溉。比较灌溉时间、行内疏枝、施肥时间、火烧残茬、刈割残茬5个因素的混合组合对新麦草种子产量和质量的影响,发现影响新麦草次年的种子产量和质量的最重要的管理方法是灌溉处理^[14]。因此,在牧草种子收获以后有必要进行灌溉处理。

5 问题及展望

牧草种子收获以后对种子田进行相关管理措施的主要目的是促进牧草分蘖枝的形成。光、温度、水分和营养物质是影响分蘖形成的主要因素。通过残茬的清理,可以为植株提供良好的光线条件,通过施肥、灌溉等措施,可以为分蘖枝的形成提供水分和营养物质,从而促进营养枝的生长。这有利于牧草的安全越冬、花芽的萌动以及生殖枝的形成等,从而提高次年的种子产量和质量。但是在实际生产当中,这种收获后的管理措施往往容易被忽视,从而影响新枝条的形成、越冬、返青以及植被的利用年限等,应加强对此方面的管理措施。

清理残茬的各种方法中,火烧这一管理措施简单易行,成本极低,但是容易造成浪费,对环境和健康的负面影响也很大,对于大面积种子田,不宜采取火烧的措施进行残茬处理。虽然诸多对比研究中^[25-27],火烧处理会增加次年种子的产量,但是火烧会造成有机质及养分资源的流失,土壤水分的蒸发,土壤板结,土壤肥力下降,土壤生态系

统恶化等,进而影响种子产量。刈割是最环保而且经济效益较高的方法,随着机械化水平的提高,此方法将会越来越受到人们的青睐;刈割残茬虽然对提高次年种子产量的作用不太大,但是收获的残茬可以当做粗饲料饲喂家畜或者作为商品草出售,综合考虑生态效益和经济效益,该方法值得推广;秸秆还田技术虽然在牧草中用的少,但粉碎后的牧草秸秆腐熟后可以补充土壤中的氮磷钾和有机质,可当做有机肥料来使用,不但缓解有机肥料不足的问题,而且也减少化肥对环境的危害。在当今提倡节能减排、低碳经济的形势下,加强对牧草秸秆还田的研究力度,要向着增效和降低成本的方向发展具有重要意义。但是,目前,关于秸秆还田对牧草种子产量的影响的研究还尚属空白。由于牧草大多都是多年生的,因此,粉碎后的秸秆会影响植株基部的光照,但是是否可以通过其他作用机理来增加次年牧草种子产量和质量还需进一步研究。因此,每个方法都有各自的利弊,在种子收获后,应根据生产中的实际情况、牧草生物学特性、田间残茬的形成状况并结合经济和生态效益,选择适宜的残茬处理方式,并结合施肥、灌溉等管理措施,达到预期的效果。

国内外诸多研究中,关于牧草种子收获后的田间管理措施主要集中在残茬的清理方面,其目的简单,方法单一。在今后的工作中应重点研究以下几个方面:1)研究不同清理残茬方法对土壤养分含量的影响以及秸秆—土壤—牧草养分含量的循环关系,从而探索不同处理方法对种子产量和质量的影响的机理。2)研究各种方法的组合效应对种子产量和质量的影响,摸索出最经济有效的管理组合。如不同残茬处理方法结合施肥和灌溉等管理措施,秸秆还田与科学施肥相结合对秸秆的分解,氮磷钾的利用率以及对种子产量的影响等,并加强对配套机械的研制开发力度。3)根据牧草秸秆价格、肥料成本、人工费用等,以减少成本投入,提高肥料利用率,增加种子产量,减少环境污染,提高经济效益为目标,结合当地资源优势 and 气候条件,开展各种处理方法的经济效益比较,选择出最佳的收获后的管理方法,为建立牧草种子稳产、高产科学管理体系提供理论依据。

参考文献

- [1] Loeppky H A, Coulman B E. Crop residue removal and nitrogen fertilization affects seed production in meadow bromegrass[J]. *Agronomy Journal*, 2002, 94(3): 450-454.
- [2] Loeppky H A, Coulman B E. Residue removal and nitrogen fertilization affects tiller development and flowering in meadow bromegrass[J]. *Agronomy Journal*, 2001, 93(4): 891-895.
- [3] Meints P D, Chastain T G, Young W C, Banowetz G M, Garbacik C J. Stubble management effects on three creeping red fescue cultivars grown for seed production[J]. *Agronomy Journal*, 2001, 93(6): 1276-1281.
- [4] Hickey V G, Ensign R D. Kentucky bluegrass seed production characteristics as affected by residue management[J]. *Agronomy Journal*, 1983, 75(1): 107-110.
- [5] 马春晖, 韩建国, 孙洁峰. 火烧、施氮肥对结缕草种子产量和质量的影响[J]. *草地学报*, 2007, 15(2): 113-117.
- [6] 徐坤, 李世忠. 灌溉及多效唑对蓝茎冰草生长及种子产量的影响[J]. *草业科学*, 2011, 28(7): 1291-1295.
- [7] 王志锋, 徐安凯, 杨允菲. 我国苜蓿种子丰产研究现状[J]. *草业科学*, 2007, 24(7): 43-49.
- [8] 姚爱兴, 邵生荣, 刘彩霞, 周玉香, 兰剑. 宁夏引黄灌区草坪型多年生黑麦草种子生产性能研究[J]. *草业科学*, 1998, 15(1): 51-53.
- [9] Dell'Agostino E, Defacio C, Llera A. Postharvest residue management of tall fescue [*Lolium arundinaceum* (schreb.) Darbysh.] seed crops[J]. *Revista Argentina de Produccion Animal*, 2010, 30(1): 15-21.
- [10] Steiner J J, Griffith S M, Mueller-Warrant G W, Whittaker G W, Banowetz G M, Elliott L F. Conservation practices in western Oregon perennial grass seed systems: I. Impacts of direct seeding and maximal residue management on production[J]. *Agronomy Journal*, 2006, 98(1): 177-186.
- [11] Muellerwarrant G W, Yong W C, Mellbye M E. Residue removal method and herbicides for tall fescue seed production: II. crop tolerance[J]. *Agronomy Journal*, 1995, 87(3): 558-562.
- [12] Wilczewski E, Skinder Z. Influence of nitrogen fertilization on macronutrients content in the post harvest residue of non-papilionaceous plants cultivated in stubble intercrop[J]. *Acta Scientiarum Polonorum-Agricultura*, 2009, 8(2): 77-86.
- [13] 田丰, 张玉宝, 金鸣琴, 孙志敏, 丁原春, 时明杰. 牧草种子生产中的有效措施——火烧[J]. *草原与饲料*, 1994(7): 21-22.
- [14] 韩建国, 王俭珍, 周禾, 王赞文, 刘富渊, 仲勇. 新麦草种子生产管理措施的优化管理研究[J]. *中国草地学报*, 2006, 28(1): 26-31.
- [15] Martinkova Z, Honer A. The effect of post harvest conditions on termination of seed dormancy by stratification in barnyard grass, *Echinochloa crus-galli*[J]. *Ochrana Rostlin*, 1995, 31(4): 241-247.
- [16] Entz M H, Smith S R, Cattani D J, Storgaard A K. Influence of postharvest residue management and cultivar on tiller dynamics and seed yield in timothy[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 1994, 74(3): 507-513.
- [17] Dormaar J F, Schaber B D. Burning of alfalfa stubble for insect control as it affects soil chemical-properties[J]. *Canadian Journal of Soil Science*, 1992, 72(2): 169-175.
- [18] Canode C L, Law A G. Influence of fertilizer and residue management on grass seed production[J]. *Agronomy Journal*, 1978, 70(4): 543-546.
- [19] Drake M, Colby W G, Bredakis E. Yield of orchard grass as influenced by rates of nitrogen and harvest management[J]. *Agronomy Journal*, 1963, 55(4): 361-362.
- [20] Young W C, Mellbye M E, Silberstein T B. Residue management of perennial ryegrass and tall fescue seed crops[J]. *Agronomy Journal*, 1999, 91(4): 671-675.
- [21] Adjei M B, Mislevy P, Chason W. Timing, defoliation management, and nitrogen effects on seed yield of 'Argentine' bahiagrass[J]. *Agronomy Journal*, 2000, 92(1): 36-41.
- [22] Young W C, Gingrich G A, Silberstein T B, Quebbeman B M. Post-harvest residue management of creeping red and chewing fescue seed crops[J]. *Agronomy Journal*, 1998, 90(1): 69-73.
- [23] 毛培胜. 牧草与草坪草种子科学与技术[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011: 189-193.
- [24] Yong W C, Silberstein T B. The Oregon grass seed industry[A]. *Proceedings of the 7th International Symposium on Fungal Endophytes of Grasses, Epichloae, Endophytes of Cool Season Grasses: Implications, Utilization and Biology*[C]. Lexington, Kentucky, USA: The Samuel Roberts Noble Foundation, 2012: 49-52.

- [25] Chastain T G, Garbacik C J, Silberstein T B, Yong W C. Seed production characteristics of three fine fescue species in residue management systems[J]. *Agronomy Journal*, 2011, 103(5): 1495-1502.
- [26] 叶川, 余喜初, 王义林, 陈伟民, 江生泉. 不同残茬处理对百喜草种子产量的影响[J]. *中国草地学报*, 2008, 30(5): 70-74.
- [27] 杨义成, 龙忠富, 卢敏. 火烧、刈割处理下百喜草种子产量的相关通径分析[J]. *山地农业生物学报*, 2006, 25(5): 412-417.
- [28] 张铁军, 韩建国, 王赞文, 刘富渊, 张泽宏. 刈割残茬对新麦草种子产量和产量构成的影响[J]. *草业科学*, 2008, 25(10): 84-87.
- [29] Havstad L T. Autumn and spring management in seed crops of meadow fescue (*Festuca pratensis* H.)[J]. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 2011, 61(1): 50-59.
- [30] 张夫道, 王玉军, 张建峰. 我国有机肥料利用现状、问题和产业化[A]. 中国土壤第十次全国会员代表大会暨第五届海峡两岸土壤肥料学术交流研讨会论文集(面向农业与环境的土壤科学综述篇)[C]. 沈阳: 中国土壤学会, 2004: 260-267.
- [31] 张夫道. 作物秸秆碳在土壤中分解和转化规律的研究[J]. *植物营养与肥料学报*, 1994(1): 27-38.
- [32] 杨滨娟, 钱海燕, 黄国勤, 樊哲文, 方豫. 秸秆还田及其研究进展[J]. *农学学报*, 2012, 2(5): 1-4.
- [33] 刘起丽, 段长勇, 张嫣紫, 余晓凤. 秸秆还田技术研究进展[J]. *河南科技学院学报*, 2012, 40(6): 25-27.
- [34] 王素娟, 孙肖青. 农作物秸秆资源化利用研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(9): 4034-4035.
- [35] 唐薇, 张传云, 辛承松. 秸秆腐熟前后氮磷钾养分状况变化的研究[J]. *河南农业科学*, 2000, 9: 24-25.
- [36] 李玮, 乔玉强, 陈欢, 曹承富, 杜世州, 赵竹. 秸秆还田和施肥对砂姜黑土理化性质及小麦-玉米产量的影响[J]. *生态学报*, 2014, 34(17): 5052-5061.
- [37] 张武益, 朱利群, 王伟, 张政文, 卞新民. 不同灌溉方式和秸秆还田对水稻生长的影响[J]. *作物杂志*, 2014(2): 113-118.
- [38] 李锦, 田霄鸿, 王少霞, 把余玲, 李有兵, 郑险峰. 秸秆还田条件下减量施氮对作物产量及土壤碳氮含量的影响[J]. *西北农林科技大学学报(自然科学版)*, 2014, 42(1): 137-142.
- [39] 江生泉, 韩建国, 王赞文, 刘富渊, 张泽宏. 冬季放牧和春季火烧对新麦草生长与种子产量的影响[J]. *草地学报*, 2008, 16(4): 341-346.
- [40] 孙铁军, 韩建国, 赵守强, 岳薇. 施肥对扁穗冰草种子产量及其组成因素的影响[J]. *中国农业大学学报*, 2005, 10(3): 15-20.
- [41] 王赞文, 韩建国, 秦歌菊, 仲勇, 傅世敏, 刘富渊. 行内疏枝和生长延缓剂对紫花苜蓿种子产量与发芽率的影响[J]. *草地学报*, 2004, 12(1): 40-44.
- [42] Dovrat A, Levenon D, Waldman M. Effect of plant spacing on carbohydrates in roots and on components of seed yield in alfalfa (*Medicago sativa* L.)[J]. *Crop Science*, 1969, 9(1): 33-34.
- [43] 王赞文. 灌溉、施肥、疏枝等对紫花苜蓿种子产量和质量的影响[D]. 北京: 中国农业大学, 2003.
- [44] Jones L G, Pomeroy C R. Effect of fertilizer, row spacing and clipping on alfalfa seed production[J]. *California Agriculture*, 1962, 16(2): 8-10.
- [45] Wilczewski E, Skinder Z, Szczepanek M. Effect of the nitrogen dose on qualitative characters of green forage made of non-papilionaceous plants grown in stubble intercrop[J]. *Acta Scientiarum Polonorum-Agricultura*, 2008, 7(2): 133-141.
- [46] Skinder Z, Szczepanek M, Wilczewski E. Effect of rate and time of nitrogen fertilization on the yield and chemical composition of autumn regrowth of red fescue cultivated for seeds[J]. *Acta Scientiarum Polonorum-Agricultura*, 2011, 10(2): 105-115.
- [47] 高朋, 李聪, 陈本建, 王涌鑫, 苗丽宏, 张银敏. 施氮对老芒麦种子产量及其构成因子和种子活力的影响[J]. *东北师大学报(自然科学版)*, 2010, 42(2): 126-131.
- [48] 毛培胜, 韩建国, 王培, 戎郁萍. 施肥对无芒雀麦和老芒麦种子产量的影响[J]. *草地学报*, 2000, 8(4): 273-278.
- [49] Rowarth J S, Archie W J, Cookson W R, Hampton J G, Sanders C J, Silberstein T B, Yong W C. The link between nitrogen application, concentration of nitrogen in herbage and seed quality in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.)[J]. *Journal of Applied Seed Production*, 1999, 17: 1-6.
- [50] Fairey N A, Lefkovitch L P. Effect of method and time of application of nitrogen fertilizer on yield and quality of seed of creeping red fescue[J]. *Canadian Journal of Plant Science*, 2000, 80(4): 809-811.