

坡耕地土壤侵蚀对土壤化学性质的影响

张淑英¹, 黄治江², 代亚利³, 刘粉粉⁴

(1. 杨凌职业技术学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 延安市水土保持监测分站, 陕西 延安 716000;
3. 西北农林科技大学, 陕西 杨陵 712100; 4. 渭南市园林绿化管理处, 陕西 渭南 714000)

摘 要 运用¹³⁷Cs 示踪了陕北安塞试区坡耕地土壤侵蚀量,并以室内分析的方法研究了黄土高原北部坡耕地土壤侵蚀与土壤性状的关系。研究结果表明,黄土高原坡耕地土壤侵蚀量在山坡中、上部是侵蚀最严为强烈的地带,而在坡顶侵蚀较弱,在坡下有土壤堆积;土壤全 N、碱解 N 和速效 K 与水蚀及耕作侵蚀成线性相关;有机质、速效 P、阳离子代换量及土壤质地则与水蚀及耕作侵蚀无显著相关。

关键词: ¹³⁷Cs 技术; 坡耕地; 土壤侵蚀; 土壤理化性质
中图分类号 S714.7 **文献标识码** A **文章编号** 1001-7461(2008)02-0139-04

Effect of Soil Erosion on Slope Soil Property

ZHANG Shu-ying¹, HUANG Zhi-jiang², DAI Ya-li³, LIU Fen-fen⁴

(1. Yangling Vocational and Technical College, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2. Yan'an City Water and Soil Conservation Monitor the Station, Yan'an, Shaanxi 716000, China; 3. Northwest A "F University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. Weinan Administration Department of Landscaping, Weinan, Shaanxi 714000, China)

Abstract: Soil erosion on cultivated slope land in Ansai experimtntal plots northern Shaanxi was determined by ¹³⁷Cs tracing method. The relationship between soil erosion and soil property on northern Loess Plateau was investigated. The results showed that the erosion in the front and middle parts of the slope cropland were the most fierce belt, which was less in the top of slope and soil deposit in the bottom. There was linear relation between total nitrogen, available nitrogen and available potassium and water erosion tillage erosion; Organic matter, available phosphorus, CEC and soil texture were related to water erosio and tillage erosion insignificantly.

Key words: ¹³⁷Cs technology; slope cropland; soil erosion; soil property

土壤侵蚀是世界上的主要灾害之一,它破坏土地资源,造成淤积、干旱、洪涝等灾害,造成土壤养分和粘粒物质减少,使土壤板结、退化,引起生态环境恶化,严重的威胁着人类的生存和发展,成为各国普遍关心的问题^[1]。黄土高原是我国土壤侵蚀最严重,最集中的地区,区域总流失面积 62.68 万 km²,年侵蚀模数大于 5 000 t/km² 的强度水蚀面积 45.4 万 km²,占全国同类面积的 38.8%;年侵蚀模数大于 15 000 t/km² 的剧烈水蚀面积为 3.67 万 km²,占全国同类面积的 89%。严重的水土流失,造成黄土高原千丘万壑、光山秃岭和灾害频繁发生,严重制约着整个黄土高原社会、经济、文化的发展^[2]。本文运用¹³⁷Cs 法测定坡耕地土壤侵蚀量的同时分析了养

分流失状况,研究了土壤侵蚀对土壤性质的影响,为侵蚀土壤质量恢复和防治水土流失提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究地概况

研究地位于陕西省延安市安塞县,处于黄土高原腹地。这里属于典型的梁峁状丘陵沟壑区,在黄土区具有典型的代表性。区域年平均气温 8.8℃,年平均降水量 492.4 mm,主要集中在 7、8、9 月;年蒸发量 1 645.4 mm,相对湿度 61.7%。试验地平均海拔 1 430 m,投影坡长约 30 m,坡向近东,坡型呈上凸下凹型。最大坡度接近 30°,最小坡度为 0°。研究地块的土壤属于黄绵土,农作物为一年一熟,以

收稿日期 2007-06-01 修回日期 2007-09-13
基金项目 世界银行贷款项目“延河流域治理”(2616CHR)。
作者简介 张淑英(1964-),女,陕西渭南人,副教授,主要从事水土保持及园林方面的教学工作。

秋作物为主。采样之前,该地已撂荒 1 a。采样时耕层土壤比较紧实,耕层土壤容重为 $1.29\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$,土壤含水量为 10.25%。

1.2 样点的布设与样点的采集

为了研究坡耕地土壤侵蚀与土壤养分流失的关系,沿坡面纵切线在地块上按照斜距距离 $3.0\text{ m}\times 3.0\text{ m}$ 的网格布设样点。在坡度变化较大的地方加密布点,布点 24 个,取得 13 个土样(图 1)。采样土钻的内径为 9 cm,采样深度一般为 30 cm。在坡度很缓的部位深度为 40 cm,以保证在整个剖面中的 ^{137}Cs 都能被取到。

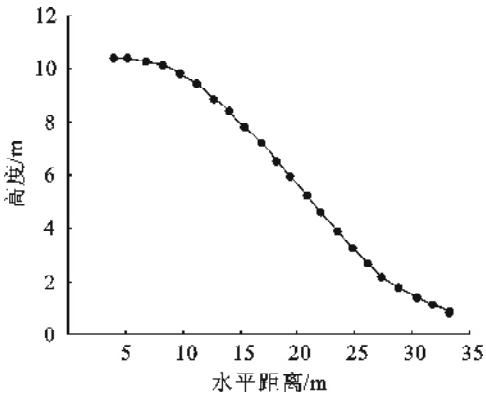


图 1 采样纵剖面图
Fig. 1 Vertical section of sampling

1.3 样品的测试

样品经风干后剔除杂质,磨碎过筛,装袋贮藏备用。土壤中 ^{137}Cs 的测试使用 γ 能谱仪,在 661.6 keV 处测定 ^{137}Cs 全峰面积,测量时间为 8 h。测定项目选择表征土壤肥力质量的土壤有机质和速效养分,分析测定方法参考文献[3]进行:重铬酸钾容量法测定土壤有机质;微量开氏法测定全 N;康维皿碱解扩散法测定速效 N; NaHCO_3 浸提,钼锑抗比色法测定全 P、速效 P; NH_4OAc 浸提,火焰光度法测定全 K、速效 K;电位法测定 pH 值;醋酸铵交换法测定 CEC。

1.4 侵蚀量的计算

为了定量说明不同地貌部位的土壤侵蚀,我们需计算各部位的土壤侵蚀量。土壤侵蚀量的计算依据测定出的土壤中的 ^{137}Cs 浓度采用张信宝^[4]的公式计算:

$$X = Y_R(1 - \Delta H/H)^{N-1963}$$

式中: X —土壤中采样时 ^{137}Cs 的浓度($\text{Bq}\cdot\text{m}^{-2}$); Y_R — ^{137}Cs 的背景值(Bq/m^2); ΔH —土壤流失深度(m); H —耕层深度(m); N —采样时的年份。将测量值分别代入公式,便可求得各部位的土壤流失深度。取耕层土壤容重为 $1.30\text{ g}/\text{cm}^3$,则可计算每个部位的侵蚀量,再用总侵蚀量减去耕作侵蚀量即得水蚀量,其中耕作侵蚀引用文献方法(表 1)。

表 1 各采样点土壤侵蚀量

| | Table 1 The quantity of soil erosion in each tested sample | | | | | | | | | | | | $\text{t}\cdot\text{km}^{-2}$ |
|------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|-------------------------------|
| 采样号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
| 耕作侵蚀 | 715.3 | 875.1 | 1 344.6 | 1 811.7 | 1 994.8 | 1 526.3 | 510.5 | -800.4 | -1 774.4 | -1 998.2 | -1 693.1 | 1 226.8 | -1 235.0 |
| 水蚀 | 6 750.8 | 7 772.9 | 6 138.9 | 5 355.1 | 5 028.9 | 5 411.7 | 8 385.7 | 3 757.0 | 4 402.9 | 2 500.5 | -1 453.3 | -1 524.1 | -2 154.0 |
| 总侵蚀 | 7 466.1 | 8 644.8 | 7 445.5 | 7 162.8 | 7 023.7 | 6 938.0 | 8 896.2 | 2 956.6 | 2 628.5 | 502.3 | -3 146.4 | -297.3 | -3 389.0 |

注:“-”表示土壤堆积。

2 结果与分析

2.1 土壤侵蚀的空间变化

2.1.1 坡耕地土壤侵蚀的特征 坡耕地土壤侵蚀受自然因素和人为生产活动的共同作用,侵蚀的方式主要有水力侵蚀、风化剥蚀、重力侵蚀和人类生产活动(犁地)引起的耕作侵蚀。这些营力共同作用导致黄土高原土壤退化,肥力降低,影响了生产力的提高。供试土壤水土流失主要是水力侵蚀和耕作侵蚀。耕作过程中,土壤层常受到扰动,这种扰动会破坏土壤的稳定环境和自然成土过程,加速土壤中多糖有机粘合剂的分解,从而使土壤易于侵蚀^[6]。耕作时,使原来的小地形结构常被破坏,完整延续的坡面被肢解成一块块分散破碎的耕地,并且长期的耕

地,在耕层下形成了坚硬的犁底层,阻碍入渗过程中水分的运动,土壤的渗透性能降低,使土壤易于侵蚀。坡耕地水蚀主要是以雨滴溅击开始,而后形成面状水流,进而汇集成股,发展成细沟、浅沟侵蚀,这种侵蚀常受降雨强度的影响较大。据唐克丽^[7]研究,沟蚀是坡耕地主要侵蚀方式。

无论面蚀和沟蚀后,经人为的耕作管理活动,最终表现为土壤层状剥蚀,并导致土壤肥力降低,土层减薄。

2.1.2 不同部位侵蚀量的变化 土壤受各种侵蚀营力的作用,在空间上土壤侵蚀量有很大差异。从表 1 中看出,山坡中、上部是土壤侵蚀最强烈的地带,年平均总侵蚀量达到 $5\,973.89\text{ t}\cdot\text{km}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。在坡脚土壤堆积明显,年平均堆积量为 $3\,095.4\text{ t}\cdot$

$\text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ 。从图 2 看出,在坡的中、上部侵蚀强度大,并且水蚀强度大于耕作侵蚀,可见水蚀引起侵蚀的主要因素。因此,山坡中上部是土壤侵蚀治理的重点区域。

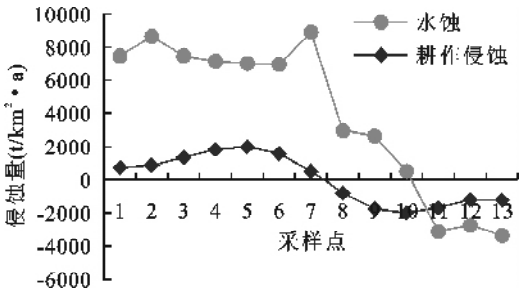


图 2 坡高与侵蚀量关系

Fig. 2 The relationships between height and the quantity of soil erosion

2.2 土壤侵蚀与土壤养分流失的变化

土壤养分的变化受控于养分“输入”和“输出”两个方面。既包含人为的生产活动,又包含自然的变化过程。文中土壤养分流失是指土壤耕层中的养分随土壤侵蚀和土粒(或土块)的移动在坡面发生的位置的变化或者说是发生的位移。在特定的土壤养分状况下,这种变化与水力侵蚀和耕作侵蚀紧密相联。因此,可以从土壤养分的空间变化来进一步研究土壤侵蚀与生产力的关系^[8]。

2.2.1 土壤侵蚀对土壤化学性质的影响 土壤理化性质如 pH 值、阳离子代换量(CEC),是制约土壤养分活化和保持养分能力的主要因素。土壤 pH 是很多化学性质,特别是盐基状况的综合反映。它对土壤有机质的积累和分解,营养元素的释放、转化、迁移及其有效度都有直接的影响。坡段土壤 pH 变动在 7.82 ~ 8.40 之间,变幅小,变异系数 1.71%。土壤阳离子代换量是土壤保肥供肥能力的一个重要指标。坡段土壤阳离子代换量变动在 3.73 ~ 4.82 cmol/kg 之间,变异系数为 1.13%,变幅小。可见,土壤化学性质受土壤侵蚀的影响不大。这可能与该区土壤母质层深厚且性质均一有关。

2.2.2 土壤侵蚀对土壤 N 素和有机质流失的影响

如前所述,在坡的中、上部是土壤侵蚀最严重的地带,其中全 N、碱解 N 含量较低,分别为 0.34、29.73 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,而在坡脚土壤全 N、碱解 N 的含量分别达到 0.46、41.79 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。这是由于 N 素随土壤侵蚀流失,并在坡脚沉积的缘故。同时,还可以看出,土壤有机质的变化不明显。在坡的中、上部平均为 6.16 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,在坡脚平均为 6.50 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,变化较小。为了进一步说明土壤侵蚀与全 N、碱解 N、有机质的关系,对它们的相关性进行了回归分析(图 3),并应用 SAS 软件进行了显著性检验(表 2)。

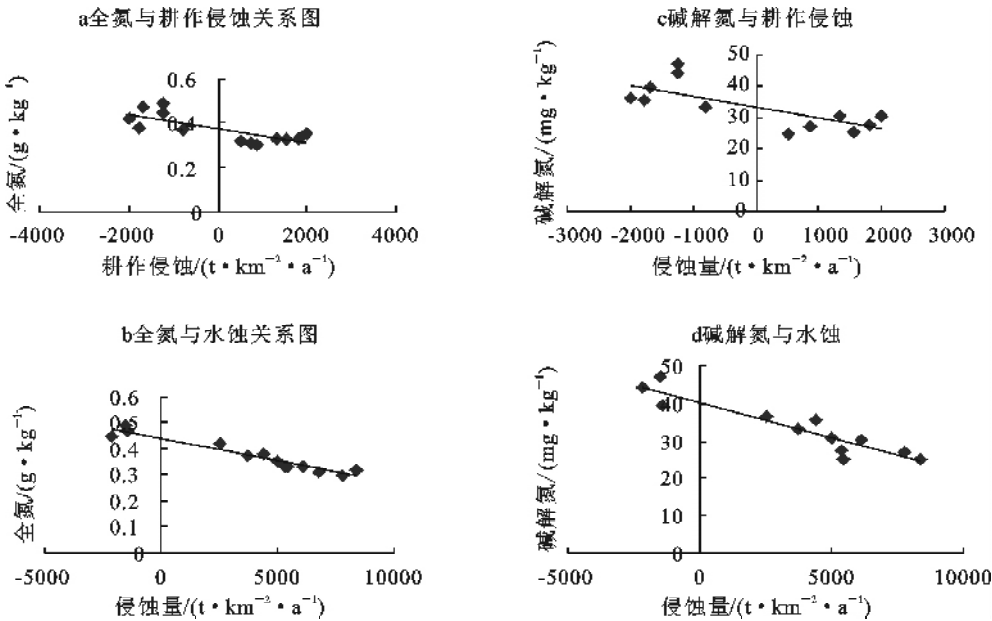


图 3 土壤侵蚀与 N 素流失关系

Fig. 3 The effect of soil erosion on the soil N content of slope cropland

可见,耕作侵蚀和水蚀对 N 素流失的影响较大,而且,水蚀引起的 N 素流失强度大于耕作侵蚀引起的 N 素流失。因此,N 素的流失是由水蚀所导致的。有机质与耕作侵蚀和水蚀的相关性不明显,

这可能与该地块撂荒一年,雨季过后,地表杂草等有机物质腐解进入土壤,补充了土壤中的有机质有关。阳离子代换量在坡面变化不明显更说明了该原因的可能性。

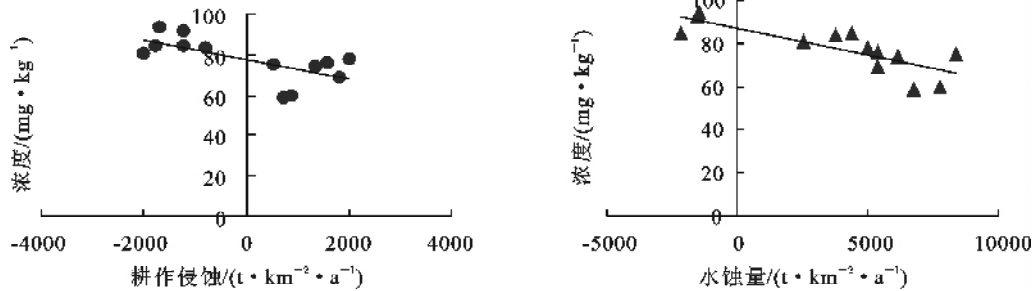


图4 速效K与土壤侵蚀

Fig.4 The effect of soil erosion on the soil available K content of slope cropland

2.2.3 土壤侵蚀对速效K和速效P的影响 土壤中速效K和速效P是植物营养所需的重要元素,它们含量的高低也是反映土壤养分丰缺的重要指标。因此,研究土壤侵蚀与速效P、K的关系,就非常必要。坡面土壤中速效K和速效P的变化分别在58.4~93.8、1.23~2.82 mg·kg⁻¹之间。平均分别为77.65、2.02 mg·kg⁻¹,变异系数分别为12.8.0%、38.3%。进一步分析发现,速效K的流失变化

与土壤侵蚀同N素的流失变化具有相同的变化关系。即在坡面中、上部,土壤中速效K流失量大,平均含量为71.9 mg·kg⁻¹,而在坡脚为89.0 mg·kg⁻¹。土壤中速效P各点变化在1.23~2.82 mg·kg⁻¹之间,变化比较均匀。继续对它们的相关性进行回归分析(图4),并应用SAS软件进行显著性检验。结果表明,速效K与耕作侵蚀和水蚀具有很好的线性关系且均达到极显著水平(表2)。

表2 土壤侵蚀与土壤全N、碱解N、速效K和有机质含量的相关关系

Table 2 The relationships of soil erosion and soil total N, available N, available K and organic matter

| 项目 | 耕作侵蚀 | | | 水蚀 | | |
|-----|---------|----------|---------|---------|----------|---------|
| | 相关系数 | F值 | 显著水平 | 相关系数 | F值 | 显著水平 |
| 全N | 0.775 4 | 6.59 ** | 0.001 9 | 0.963 2 | 41.21 ** | 0.000 1 |
| 碱解N | 0.740 1 | 13.33 ** | 0.003 7 | 0.904 9 | 49.72 ** | 0.000 1 |
| 速效K | 0.674 2 | 9.17 ** | 0.011 5 | 0.801 6 | 19.78 ** | 0.00 1 |
| 有机质 | 0.384 7 | 1.91 | 0.194 3 | 0.358 9 | 1.63 | 0.228 6 |

从显著性结果看,水蚀造成的速效K流失显著于耕作侵蚀造成的速效K流失。速效K是水溶性K和代换性K,在降雨时,土壤中的速效K一部分以水溶态随雨水流失,一部分以离子态被土壤胶体吸附随泥沙流失。这样使速效K的流失与水土侵蚀相关性极显著。而速效P则与土壤侵蚀无明显的相关关系。这可能与有机质的变化很小有关。因为,土壤中的速效P主要以离子态的P(H_2PO_4^- , HPO_4^{2-})和弱吸附态或代换性P的形式存在,这些P常被土壤团聚体所吸附。从图5,也可看出P的变化与有机质的变化有关。从而,说明土壤有机质和速效P的流失与土壤侵蚀的显著性不明显。

以上分析说明,耕作侵蚀和水蚀过程不仅是破坏土层结构、搬运泥沙的过程,而且使土壤中大量营养元素流失,造成土壤贫瘠、肥力下降、生产力降低,导致土壤严重退化。

的中、上部侵蚀量较大,在坡脚土壤堆积明显,而且,由水蚀引起的土壤侵蚀强度明显大于耕作引起的土壤侵蚀。因此,山坡中上部是土壤侵蚀治理的重点区域。

土壤侵蚀使土壤中的养分大量流失,土壤中的全N、碱解N、速效K含量均与耕作侵蚀有很好的线性关系且均达到极显著水平。

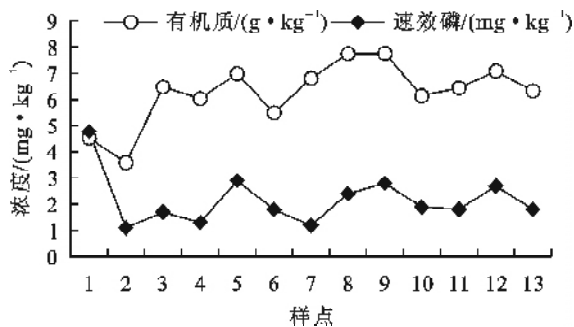


图5 土壤有机质与速效P变化关系

Fig.5 The relationships of soil organic matter and available P

3 结论

坡耕地土壤侵蚀与坡度和地形部位有关,在坡

(下转第146页)

绿叶性气体在植物遭受机械伤害或昆虫取食后,立即大量释放。最近 Arimura 等^[11]研究表明,二点叶螨取食利马豆后释放出的(Z)-3-己烯醇、(E)-2-己烯醛能够诱导健康利马豆植株多种防御基因的表达,具有作为植株伤害早期释放的信息分子诱导临近的健康植株产生快速防御反应,从而使植株诱导抗性产生的滞后性在一定程度上得以减弱。

试验表明,乙烯参与了合作杨挥发物的产生过程,但是单独的乙烯信号并不能促进合作杨挥发物的释放,乙烯混合(Z)-3-己烯醛的处理对合作杨绿叶性气体的释放存在着促进作用,说明合作杨挥发物信息的产生是多条信号转导途径共同调节的结果。

本次试验还研究了 $0.5\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$ (E)-3-己烯醛处理的合作杨植株,但(E)-3-己烯醛对合作杨挥发物没有诱导能力,说明合作杨植株对不同构型的己烯醛具有识别能力,这种能力是通过相应的信号受体来实现的。然而,植物对挥发性气体信号的感受,是一个一直困扰植物化学通讯领域的重要问题,迄今为止在众多的株间信号分子中,仅对乙烯的受体得到了阐明,同时挥发性的茉莉酸甲酯可以通从植物的气孔进入植物体内,在细胞质中被酯酶水解为茉莉酸,从而实现防御信号的植株间到传递^[12],植物化学通讯受体问题的深入研究和阐明,是最终彻底解决植株间伤害信息传递机制的关键问题。

参考文献：

[1] 高海波,沈应柏. 植物株间报警信号的传递[J]. 西北林学院学报,2006,21(1):60-63.

[2] 孔垂华,胡飞. 植物化学通讯研究进展[J]. 植物生态学报,2003,27(4):561-566.

(上接第 142 页)

参考文献：

[1] 田静毅,李月芬,王立新,等. 基于 RS 和 GIS 的土壤侵蚀量预测应用研究[J]. 吉林农业大学学报,2007,29(1):78-82.

[2] 杨勤科,焦峰,雷会珠. 论黄土高原山川秀美建设[J]. 水土保持研究,2000,7(2):52-54.

[3] 南京农业大学. 土壤农化分析[M]. 北京:农业出版社,1986:33-141.

[4] 张信宝,李少龙,王成华,等. 黄土高原小流域泥沙来源的

[3] FROST C J, APPEL H M, CARLSON J E, et al. Within-plant signalling via volatiles overcomes vascular constraints on systemic signalling and primes responses against herbivores[J]. Ecology Letters,2007,10(6):490-498.

[4] YAN Z G, WANG C Z. Wound-induced green leaf volatiles cause the release of acetylated derivatives and a terpenoid in maize[J]. Phytochemistry,2006,67(1):34-42.

[5] RUTHER J, KLEIER S. Plant-plant signaling: Ethylene synergizes volatile emission in *Zea mays* induced by exposure to (Z)-3-Hexen-1-ol[J]. Journal of Chemical Ecology,2005,31(9):2217-2222.

[6] 鲁玉杰,王霞,娄永根,等. 乙烯信号转导途径在褐飞虱诱导的水稻挥发物释放中的作用[J]. 科学通报,2006,51(18):2146-2153.

[7] ARNON D I, HOAGLAND D R. Crop production in artificial culture solutions and in soils with special reference to factors influencing yields and absorption of inorganic nutrients[J]. Soil Science,1940,50(1):463-485.

[8] WEBER H. Fatty acid-derived signals in plants[J]. Trends in Plant Science,2002,7(5):217-224.

[9] 娄永根,程家安. 虫害诱导的植物挥发物:基本特性、生态学功能及释放机制[J]. 生态学报,2000,20(6):1097-1106.

[10] HARMS K, ATZORN R, BRASH A, et al. Expression of a Flax Allene Oxide Synthase cDNA leads to increased endogenous jasmonic acid (JA) levels in transgenic potato plants but not to a corresponding activation of JA-Responding Genes[J]. Plant Cell,1995,7(10):1645-1654.

[11] ARIMURA G, OZAWA R, KUGIMIYA S, et al. Herbivore-induced defense response in a model legume. Two-spotted spider mites induce emission of (E)- β -ocimene and transcript accumulation of (E)- β -ocimene synthase in *Lotus japonicus*[J]. Plant Physiology,2004,135(4):1976-1983.

[12] FARMER E E. Surface-to-air signal[J]. Nature,2001,411:854-856.

137CS 法研究[J]. 科学通报,1989(3):210-213.

[5] 王占礼,邵明安,李勇. 黄土地区耕作侵蚀过程中的土壤再分布规律[J]. 植物营养与肥料学报,2002,8(2):168-172.

[6] 郭跃. 试论农业耕作对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持学报,1995,9(4):94-97.

[7] 唐克丽. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[J]. 北京:中国科学技术出版社,1991:27-30.

[8] 苏正安,张建辉. 耕作侵蚀及其对土壤肥力和作物产量的影响研究进展[J]. 农业工程学报,2007,23(1):272-278.