

地面覆盖的保水增产效应及其机理研究

谭军利^{1,2}, 王林权¹, 李生秀¹

(1. 西北农林科技大学资环学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100100)

摘 要: 通过两年的夏玉米微区试验(带遮雨棚)分析麦草覆盖和地膜覆盖的保水增产效果及其作用机理。结果表明:在排除降水影响的条件下,地面覆盖均能增加产量。地膜覆盖增产效果明显,水分利用率高;麦草覆盖保水效果显著,但增产效果较低。休闲时,麦草覆盖和地膜覆盖均明显增加了 0~60 cm 土层土壤的储水量,分别比不覆盖高 10.2 mm 和 7.4 mm;在种植玉米的条件下,覆草处理的土壤储水量增加 16.1 mm;而覆膜处理则减少了 13.0 mm。对硝态氮而言,休闲状态下覆草处理的硝态氮在土壤表层的聚集较裸地少,而覆膜处理则相反;种植玉米时,覆草和覆膜处理均可减少硝态氮在表层土壤的聚集,且覆膜的效果大于覆草处理。

关键词: 地面覆盖;夏玉米;硝态氮;土壤储水量

中图分类号: S157.9 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)03-0050-05

秸秆覆盖和地膜覆盖栽培在我国干旱半干旱地区农业中有着广泛的应用。大量研究表明,地面覆盖可提高作物产量和水分利用效率。秸秆覆盖具有协调地温,增加土壤有机质,蓄水纳墒^[1~4],减少地表径流和水土流失^[5,6]。地膜覆盖可减少土壤热量损失,提高土壤表层温度和湿度,为作物生长提供较好的生长环境^[7,8]。同时,地面覆盖通过影响土壤环境而影响土壤养分的分布^[9~12]和养分有效性^[13~15]。但是关于地面覆盖的效果有不同的报道^[16]。原因可能是这些研究结果是在田间状态下取得的,受降雨等因素的影响较大。本研究在有防雨棚的条件下,完全排除了降水的影响,研究比较休闲和种植玉米条件下地膜覆盖和麦草覆盖两种方式对土壤水分储蓄,土壤水分利用效率,以及对剖面水分、养分分布的影响,探索地面覆盖技术的增产保墒机理,为地面覆盖技术的推广和应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验设在西北农林科技大学水利灌溉试验站渗漏池。试验地上有可移动的遮雨大棚。小区面积为 1.5 m²,深 1.8 m,四周围以 15 cm 厚的水泥墙分隔,防止各小区之间水肥互渗,底部用水泥封死,并埋 20 cm 的沙子。试验区土壤为人为旱耕土垫土,0~20 cm 土壤基本理化性状为有机质 8.4 g/kg,全

氮 0.53 g/kg,碱解氮 33.2 mg/kg,速效磷 5.2 mg/kg,速效钾 107.6 mg/kg,pH(H₂O)7.82。

1.2 试验处理

2003 年试验中,设置种植玉米与休闲两种栽培方式,每种栽培方式又裂区为覆盖麦草与不覆盖。每个处理重复两次。播种前每个小区灌底水 0.3 m³,施尿素 N 90 kg/hm²。每小区栽种两行,玉米行距 60 cm,株距 25 cm;一行覆盖麦草,一行不覆盖。收获时将覆盖与不覆盖的玉米分别采收,并在覆盖与不覆盖的中心区域每 20 cm 土层采集一个样,测定整个剖面的土壤含水量及 NO₃⁻-N, NH₄⁺-N 含量。玉米收获后种植小麦匀地。

2004 年试验采用地膜覆盖。播种前根据 2 m 剖面上土壤水分含量补充灌水,使小区每一层含水量达 20%。播种时起垄覆盖,玉米种在垄上,玉米出苗时在地膜上打孔放苗,之后用土将孔封好。分别在玉米大喇叭口期、抽雄期和收获期在覆盖区与未覆盖区分别采样,采样位置在垄的两侧。其它措施同 2003 年。

1.3 测定项目及方法

1.3.1 NO₃⁻-N, NH₄⁺-N 的测定 用 1 mol/L KCl 溶液浸提土样,紫外分光光度法测定浸提液中的 NO₃⁻-N;靛酚蓝比色法测定浸提液中的 NH₄⁺-N。

1.3.2 土壤含水量 在 105~110℃下烘 24 h 后称重。

收稿日期:2007-10-20

基金项目: 国家自然科学基金“控制性分根交替节水灌溉条件下的水氮耦合效应研究”(30571085);自然科学基金重点项目“西北旱地优质高产高效栽培的生理生态研究”(30230230)

作者简介: 谭军利(1978—),男,湖南省茶陵人,在读博士生,主要从事节水灌溉和植物营养研究。E-mail: tanjl.05b@igsnr.ac.cn。

通讯作者: 王林权,教授,博士生导师,主要从事植物营养生理与节水农业等研究。E-mail: linquanw@yahoo.com.cn。

2 结果与分析

2.1 地面覆盖对玉米产量及水分利用效率的影响

地面覆盖明显增加了玉米产量,但增产幅度又因覆盖物材料不同而异(表 1)。与不覆盖相比,覆草时,玉米产量增加了 280 kg/hm²,其增产率为

13%左右;覆膜时,玉米产量增加了 2 611 kg/hm²,增产率达到 130%。可见,覆膜的增产效果更加明显。同时,覆盖地膜可显著增加玉米的耗水量和水分利用效率,其耗水量和水分利用效率分别比不覆膜高 13.1 mm 和 16.0 kg/(hm²·mm)。这可能是覆膜增加产量的原因之一。

表 1 地面覆盖对玉米产量及水分利用效率的影响

Table 1 The effect of mulching on the grain yield and water use efficiency of summer maize					
年份 Year	处理 Treatment	产量 Yield (kg/hm ²)	增产率 Increase (%)	耗水量 ET (mm)	水分利用效率 WUE [kg/(hm ² ·mm)]
2003	玉米不覆草 Growing maize without mulching	2053	—	—	—
	玉米覆草 Growing maize with mulching	2333	13.0	—	—
2004	玉米不覆膜 Growing maize without mulching	2000	—	138.6	14.4
	玉米覆膜 Growing maize with mulching	4611	130.0	151.7	30.4

2.2 地面覆盖的保水效应

2003 年结果表明,无论休闲,还是种植玉米,覆草土壤储水量高于不覆草土壤(表 2)。休闲耕作时,覆盖麦草使土壤储水量增加了 10.2 mm;种植玉米时,覆盖麦草的土壤储水量比不覆盖增加了 16.1 mm。说明覆盖麦草可有效减少蒸发,蓄积土壤水分。2004 年试验结果显示,休闲覆膜的土壤储水量比休闲裸地高 7.4 mm;玉米覆膜比不覆膜低 13.0 mm,原因可能是覆膜时玉米生长迅速,增加了

植株蒸腾耗水。从两年的结果均可发现,覆膜和覆草均有减少水分蒸发,增加休闲地贮水量的作用。覆草的效果优于覆膜,这可能与覆草时地温较低,覆膜时地温较高有关。在种植玉米的条件下,覆草仍然有增加土壤储水的效果,而覆膜则减少了土壤储水量。这与不同覆盖条件下,玉米的生长有关。覆草时,玉米生长比不覆草时略有增加(增产 13%);覆膜时,玉米的生长量大幅度提高(增产 130%)(表 1),增加了蒸腾耗水,从而加速了土壤水分的消耗。

表 2 不同地面覆盖的保水效果

Table 2 The effect of different mulching treatments on water storage					
处理(2003) Treatment	土壤储水量 Water storage (mm)	覆草效果 The efficiency of straw mulching (mm)	处理(2004) Treatments	土壤储水量 Water storage (mm)	覆膜效果 The efficiency of plastic film mulching (mm)
休闲裸地 Bare land in fallow	384.4	—	休闲裸地 Bare land in fallow	352.4	—
休闲覆草 Straw mulching in fallow	394.6	10.2	休闲覆膜 Straw mulching in fallow	359.8	7.4
玉米不覆草 Growing maize without mulching	279.7	—	玉米不覆膜 Growing maize without mulching	280.5	—
玉米覆草 Growing maize without mulching	295.8	16.1	玉米覆膜 Growing maize without mulching	267.5	-13.0

2.3 地面覆盖对土壤水分分布的影响

在 0~200 cm 整个剖面上,休闲土壤水分含量明显高于种植玉米(图 1)。与不覆草相比,麦草覆盖能增加 0~60 cm 的土壤水分含量。种植玉米时,0~20 cm 土层的土壤水分含量从 7.3% 增加到

15.2%;休闲时,从 13.4% 增加到 17.0%;而 60 cm 以下土层的水分含量受覆草的影响较小。从 2004 年结果可以看出,在休闲条件下,地膜覆盖能增加土壤 0~60 cm 土层的水分含量;种植玉米时,0~40 cm 土层的水分含量覆膜与不覆膜差异不大,但覆膜

处理 40 cm 以下土壤剖面的水分含量则普遍低于不覆盖处理。可见,休闲时无论秸秆覆盖还是覆膜均能减少土壤表面水分蒸发,提高休闲效率。种植玉米时,覆膜和覆草的效果差异较大,覆膜显著促进玉

米生长,增加了对土壤深层水分的消耗,提高水分利用效率;而覆草处理减少了地表蒸发,表层土壤水分显著高于不覆草处理。

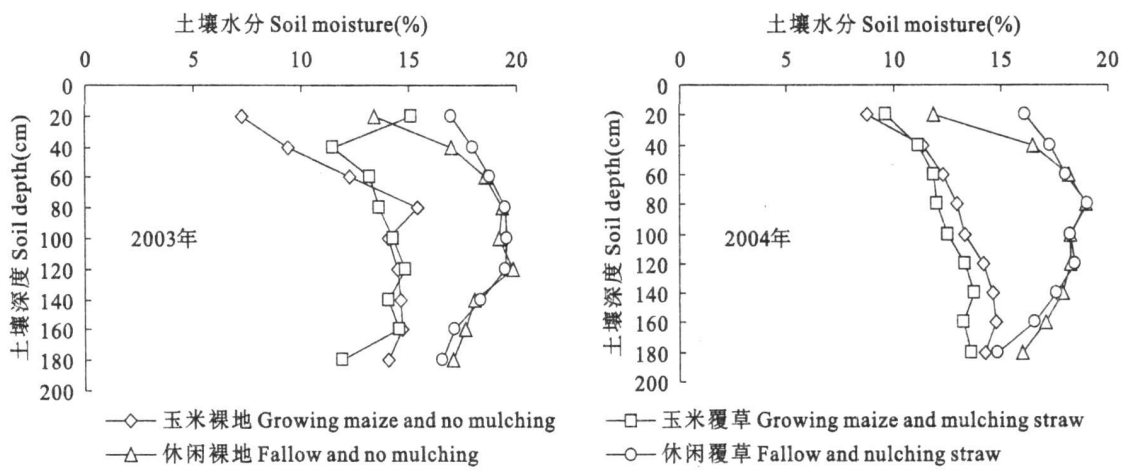


图 1 玉米收获时不同覆盖物下土壤剖面水分分布
Fig. 1 Water distribution in 0~180 cm soil profile under different mulching after corn harvest

2.4 地面覆盖对硝态氮分布的影响

从 2003 年的结果可以看出,无论种植玉米与否,不覆草处理的表层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量显著高于覆草处理,覆盖麦草可显著减少表层土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量。一般情况下,土壤中的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 不易被土壤胶体吸附,易随水移动。在裸地不覆盖条件下, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 随水向地表移动,到达地表后,水分蒸发, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 累积在土壤表层。土壤表层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 越高,反映了土壤蒸发越强烈。覆草处理的上层土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量显著低于不覆草处理,进一步验证覆草处理可以减少土壤表面水分蒸发,具有保水效应。2004 年结果表明,休闲耕作 0~140 cm 剖面上的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量高于种植玉米。种植玉米时,覆膜与否对整个土壤剖面上的硝态氮含量影响不大;而休闲时覆膜处理表层 0~20 cm $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量明显高于不覆膜,40~80 cm 则相反。这主要是由于种植玉米时,覆膜促进了玉米生长,增加了水分蒸腾作用,减少了水分的地面蒸发,因此,到达表层土壤的 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 不多,无累积现象;而在休闲状态下,覆膜提高了表层土壤地温,促进下层土壤水分向上运动^[15],从而带动硝态氮向上运动,到达地表的水分沿地膜边缘蒸发, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 则在表层聚积。

3 讨论

地面覆盖均有增产作用,麦草覆盖和地膜覆盖处理的产量比不覆盖增加 280 和 2 600 kg/hm^2 ,增

产率分别为 13%和 130%。同时,覆盖地膜能显著提高作物水分利用效率(WUE),未覆膜玉米的 WUE 为 14.4 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$,而覆膜玉米的 WUE 提高了 1 倍多,达到 30.4 $\text{kg}/(\text{hm}^2 \cdot \text{mm})$ 。原因可能是地膜覆盖后促进了玉米的生长,叶面积指数增大,大量土壤水分通过玉米叶片蒸腾而进入大气中,从而提高了水分利用效率^[17]。

休闲耕作时,麦草覆盖与地膜覆盖均具有较好的保水效果,其土壤蓄水量分别比裸地增加 10.2 和 7.4 mm;种植玉米时,麦草覆盖的土壤储水量比裸地增加 16.1 mm,而地膜覆盖的土壤储水量却减少了 13.1 mm。从水分在土壤剖面的分布来看,麦草覆盖主要增加了 0~60 cm 土层的土壤含水量;地膜覆盖则增加了 40 cm 以下土壤含水量的消耗。这些结果与前人的结果不尽相同。赵聚宝等^[1]认为秸秆覆盖增加的水分主要集中在 0~50 cm;宋凤斌^[13]的结果表明地膜覆盖能增加 0~30 cm 土层的水分含量;而李世清等^[14]发现地膜增加 0~20 cm 土层的水分含量,但对 2 m 土层储水量没有影响。这可能与本研究在没有降雨的条件下进行,无雨水的补充有关。就收获后硝态氮残留分布而言,不同覆盖物有不同效果。汪景宽等^[18]研究认为,长期地膜覆盖对土壤全氮影响较小,但土壤碱解氮含量下降;李世清等^[14]的研究结果认为全程覆膜导致土壤剖面上硝态氮大量残留,会引起硝态氮淋溶;Romic 等^[11]和 Doring 等^[12]分别研究了地膜和秸秆覆盖对

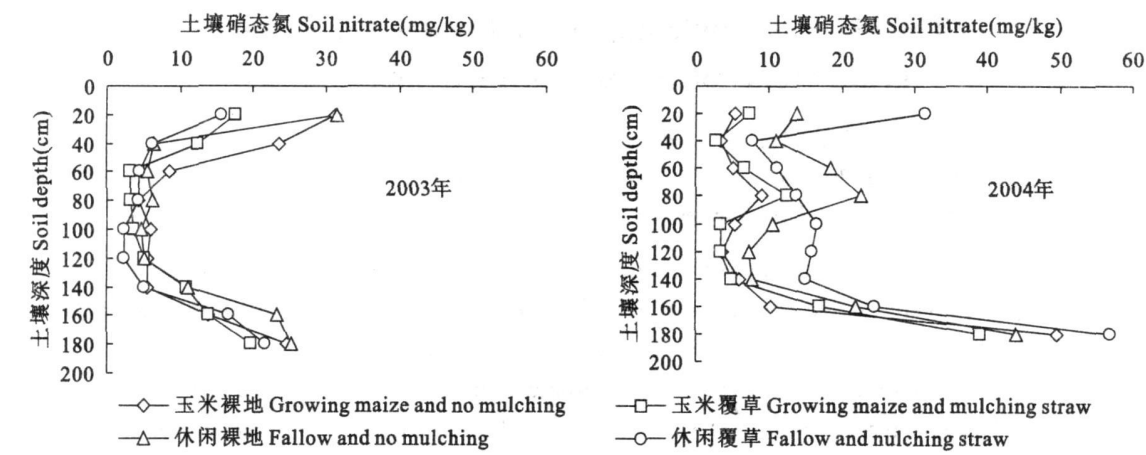


图2 玉米收获时不同覆盖物下土壤剖面硝态氮分布

Fig.2 Nitrate distribution in 0~180 cm soil profile under different mulching after corn harvest

硝态氮分布的影响,结果表明两种措施都能减少硝态氮的淋溶。本研究表明,无论种植玉米还是休闲,麦草覆盖处理的土壤中0~20 cm 土层 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量均低于不覆盖处理,并且无表层聚积现象;种植玉米时,地膜覆盖与不覆盖 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 在整个土壤剖面上分布基本接近,亦无表层聚集现象;休闲时,地膜覆盖0~20 cm 土层土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量比不覆盖高,一方面可能因为覆膜后提高了表层地温,促进水分向上运动,并带动 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 上移而在表层累积;另一方面,覆膜可能促进了有机氮的矿化^[9]。

4 结 论

本研究表明,地面覆草和覆膜均有保蓄土壤水分和增产作用,但是两者的保水效果和增产效应差异较大。覆草处理的保水效应显著,增产效果有限;而覆膜处理的保水效应低于覆草处理,但是它可以促进玉米生长发育,增加蒸腾耗水,大幅度提高土壤水分利用率,增产效应大于覆草处理。

参 考 文 献:

[1] 赵聚宝,梅旭荣,薛军红,等. 秸秆覆盖对旱地作物水分利用效率的影响[J]. 中国农业科学, 1996, 29(2): 59-66.

[2] 周凌云. 秸秆覆盖对农田土壤物理条件影响的研究[J]. 农业现代化研究, 1997, 18(5): 311-320.

[3] Olasantan F O. Effect of time of mulching on Soil temperature and moisture regime and emergence, growth and yield of white yam in west Nigeria[J]. Soil & tillage research, 1999, 50: 215-221.

[4] 胡 芬,陈尚模. 寿阳试验区玉米地农田水分平衡及其覆盖调控试验[J]. 农业工程学报, 2000, 16(4): 146-148.

[5] 王治国,肖 娟,魏忠义,等. 黄土残塬区人工降雨条件下坡耕

地水蚀研究—Ⅲ. 坡耕地小麦休闲期秸秆覆盖的防蚀效应[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(2): 13-17.

[6] 张亚丽,张兴昌,邵明安,等. 秸秆覆盖对黄土剖面矿质氮素径流流失的影响[J]. 水土保持学报, 2004, 18(1): 85-88.

[7] 王喜庆,李生秀,高亚军. 地膜覆盖对旱地春玉米生理生态和产量的影响[J]. 作物学报, 1998, 24(3): 348-353.

[8] 黄明镜,晋凡生,池宝亮,等. 地膜覆盖条件下旱地冬小麦的耗水特性[J]. 干旱地区农业研究, 1999, 17(2): 20-23.

[9] 宋秋华,李凤民,王 俊,等. 覆膜对春小麦农田微生物数量和土壤养分的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2125-2132.

[10] Li F M, Song Q H, Jjemba P K, et al. Dynamics of soil microbial biomass C and soil fertility in Cropland mulched with plastic film in a semiarid agro-ecosystem[J]. Soil Biology & Biochemistry, 2004, 36: 1893-1902.

[11] Romic D, Romic M, Borosic J, et al. Mulching decreases nitrate leaching in bell pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivation[J]. Agricultural Water Management, 2003, 60: 87-97.

[12] Doring T F, Brandt M, Heß J, et al. Effects of straw mulch on soil nitrate dynamics, weeds, yield and soil erosion in organically grown potatoes[J]. Field Crops Research, 2005, 94: 238-249.

[13] 宋凤斌. 玉米地膜覆盖增产的土壤生态学基础[J]. 吉林农业大学学报, 1991, 13(2): 4-8.

[14] 李世清,李凤民,宋秋华,等. 半干旱地区不同地膜覆盖时期对土壤氮素有效性的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1519-1526.

[15] 李 浩,阎勤劳. 旱地覆膜保墒问题的观测与研究[J]. 西北农业学报, 1997, 6: 41-49.

[16] 李凤民,王 俊,等. 地膜覆盖导致春小麦产量下降的机理[J]. 中国农业科学, 2001, 34(1): 330-333.

[17] Xie Z K, Wang Y J, Li F M. Effect of plastic mulching on soil water use and spring wheat yield in arid region of northwest China[J]. Agricultural Water Management, 2005, 75: 71-83.

[18] 汪景宽,张继宏,须湘成,等. 长期地膜覆盖对土壤氮素状况的影响[J]. 植物营养与肥料科学, 1996, 2(2): 125-129.

The effect of mulching on soil water storage and grain yields of maize and their mechanisms

TAN Jun-li^{1,2}, WANG Lin-quan¹, LI Sheng-xiu¹

(1. College of Resources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shannxi 712100, China;

2. Institute of Geographical Sciences and Natural Resources, CAS, Beijing 100100, China)

Abstract: Mulching was widely applied in agricultural activity of arid and semi-arid area. The micro-field trials (with rainproof) were carried out to investigate the effect of mulching on water storage and grain yields of maize in 2003 and 2004. In the trials, two tillage systems were designed including growing maize and fallow as main treatments. Every main treatment was divided into mulching and no mulching. The mulching material was wheat straw in 2003, and plastic film in 2004. The results showed that surface mulching of straw and plastic film increased the maize yield and water use efficiency as well. However, there was significant difference between wheat straw and plastic film. Plastic film mulching increased yield and water use efficiency significantly; straw mulching could increase the soil water conservation, but the yield increase was small. In fallow treatment, straw and film mulching conserved 10.2 and 7.4 mm more water than bare land respectively in the 0~60 cm soil profiles. Under growing maize systems, straw mulching could conserve 16.1 mm more soil water than no mulching, and plastic film mulching consumed 13.0 mm more soil water than no mulching. While different mulching materials had different influences on nitrate distribution in the soil profile. Under fallow trial, soil nitrate content in the 0~40 cm soil profile with wheat straw mulching was lower than bare land, but it was higher with mulching of plastic film than no mulching; under planting systems, the nitrate content decreased in the 0~40 cm top soil of straw mulching and plastic film mulching compared to no mulching.

Keywords: surface mulching; summer maize; nitrate content; soil water storage

(上接第 38 页)

Retrieval model for estimating corn LAI in black soil region of Northeast China based on Perpendicular Vegetation Index

LI Feng-xiu^{1,2}, ZHANG Bai¹, SONG Kai-shan¹,
WANG Zong-ming¹, LIU Huan-jun^{1,2}, YANG Fei^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun, Jilin 130012, China;

2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: An experiment was carried out to evaluate the precision of hyperspectral reflectance models based on Perpendicular Vegetation Index (PVI) which is formed by various bands for monitoring corn leaf area index (LAI). Corn was cultivated under different water-fertilizer coupled control conditions and corn LAI was collected simultaneously with LI-COR LAI-2000, while corn canopy reflectance data and bare soil reflectance data were collected with ASD spectroradiometer (350~1 050 nm). At first, each band of NIR and red was applied to establish soil-line, based on which PVI could be established, then to find out the best band for PVI; and then, PVI with the best reflectance band was applied to regress against corn LAI. The result showed that the sampling wave band gap was narrower, and the accuracy of retrieved was better. The best corn LAI model retrieved by sampling 1.4 nm interval PVI in 2004 was exponential model, and the accuracy of estimation exponential model of LAI established with the wave went up to 91.1%, and the standard error was 0.1997, RMSE=0.0399, which is qualified for 0.01 level. The PVI vegetation index established by hyperspectral data can highly estimate the corn LAI.

Keywords: hyperspectral; corn LAI; PVI; soil-line