

关中地区不同营养状况冬小麦光谱特性初探

郭曼, 常庆瑞, 张连民, 杨云贵

(西北农林科技大学资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 通过田间试验、室内分析测试, 系统研究不同 N、P 水平冬小麦叶片的反射率、叶绿素含量, 及其相互关系。结果表明: ① 施氮增加冬小麦叶片叶绿素作用明显, 磷肥对叶绿素含量的影响不明显; ② 在可见光波段, 随施氮量增加反射率下降, 在近红外波段则相反。不同施磷水平下反射率差异不明显; ③ N4 营养条件下可见光波段反射率拔节期 < 灌浆期 < 抽穗期, P2 营养条件下可见光波段反射率灌浆期 < 拔节期 < 抽穗期; ④ 叶绿素含量与反射率之间在施用氮肥时显著相关, 在施用磷肥时其相关不显著。

关键词: 光谱反射率; 叶绿素含量; 营养状况; 生育期

中图分类号: S127 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2006)03-0049-05

利用卫星遥感进行农作物的长势监测, 主要依据农田作物光谱的反射特征, 即同一作物在同一时间的不同波段或在不同时期内具有不同的反射辐射状况。在田间试验中通过人为控制施肥水平, 致使农作物叶色和叶片物质组成等产生差异, 这些差异又会导致其冠层光谱的差异^[1]。因此通过对小麦进行光谱测定, 获得反射光谱特性曲线, 对其进行研究是小麦估产和监测的基础。而光合作用过程中起吸收光能作用的色素有叶绿素 a, 叶绿素 b 与胡萝卜素, 其中叶绿素是吸收光能的物质, 与植被的光能利用有直接关系, 叶绿素含量和植被的光合能力、发育阶段以及氮素状况有较好的相关性, 它们通常是植物营养水平, 光合作用能力和植被发育阶段的指示器^[2]。所有绿色植物光谱反射特性是由植物体内所含叶绿素含量、叶片面积和叶片中所含水量所控制, 所以在冬小麦生长环境分析和长势监测中, 它们可以综合地体现在反映冬小麦长势的光谱特征上^[3]。冬小麦在不同营养水平条件下的叶绿素含量往往也不同, 就会影响到他们的光谱特性, 因此光谱特征也能反映作物光合作用能量的度量^[4]。植物叶片的光谱特性便可以用于植物营养状况的诊断, 以及时地进行定期施肥、灌溉等^[5]。本文以关中地区冬小麦为供试材料, 研究不同营养水平下冬小麦叶片的反射光谱特性、叶绿素含量及其相关关系, 为遥感监测诊断小麦营养状况提供依据。

1 试验设计与测定方法

1.1 试验设计

试验设在西北农林科技大学教学试验农场, 分

别布置氮、磷 2 组试验。氮素试验设 4 个处理(N1、N2、N3、N4 分别施纯氮 64、128、219、256 kg/hm²); 磷素试验设 3 个处理水平[P1、P2、P3 分别施纯磷(P₂O₅) 12、24、36 kg/hm²]; 并设 1 个空白对照(氮、磷均不施, 用 CK 表示)。均为单因素处理, 播种时肥料一次全部施入。供试小麦品种为小偃 22 号, 全区总面积约 300 m², 小区面积 2 m × 4 m = 8 m², 随机区组排列, 各重复 3 次。于 2004 年 10 月 20 日播种, 2005 年 6 月 8 日收获。期间根据小麦生育期分批随机采样, 从拔节期开始, 每隔两周采集小麦叶片样一次, 测定其光谱及各生物量数据^[6]。

1.2 测定方法

光谱测定: 小麦叶片的光谱数据测定采用 LI-1800 便携式光谱辐射仪在室内测定。试验设定光谱波长范围为 400~1 100 nm, 测定波长间隔 10 nm。该波段处于可见光和近红外光波段, 具有光化作用和光电效应, 在遥感中能用胶片和光电探测器收集记录, 是目前遥感中应用的主要波段^[7]。

叶绿素测定^[8]: 以纯丙酮: 无水乙醇: 蒸馏水 = 4.5: 4.5: 1 比例配制浸提液, 将新鲜小麦叶片剪成 2 mm 左右的小块混合均匀后, 称取 0.15 g, 放入 50 ml 容量瓶中。在容量瓶中加 1 ml 纯丙酮和 25 ml 浸提液, 将所有叶片浸泡在浸提液中, 盖上瓶盖, 室温下置暗处浸提 24 h, 其间摇动 4 次。到时取出容量瓶, 观察叶片组织全部变白, 表示叶绿素已经浸提干净, 过滤至容量瓶中, 定容。分别在波长 645、652、663 nm 下比色, 以空白浸提液做对照, 测得其吸光值。并由下面公式计算其叶绿素 a, b 含量:

收稿日期: 2005-10-07

基金项目: 国家自然科学基金项目(30571527); 西北农林科技大学科研专项(2030203146)

作者简介: 郭曼(1979-), 女, 陕西礼泉人, 在读硕士, 主要从事土地资源与信息技术方面的研究。

通讯作者: 常庆瑞(1959-), 男, 陕西西洲人, 教授, 博士生导师, 主要从事遥感与地理信息系统研究。

$$C_a = 12.21 D_{663} - 2.81 D_{646}$$

$$C_b = 20.13 D_{646} - 5.03 D_{663}$$

其中: C_a 、 C_b 分别为叶绿素 a、b 的含量。 D_{663} 、 D_{646} 为叶绿素浸提液在波长 663 nm、646 nm 下的光密度。总叶绿素含量为 C_a 、 C_b 之和。

2 结果与分析

2.1 不同施肥水平下冬小麦叶片叶绿素变化

从图 1 可以看出,在同一时期内,随着氮肥施加量的增加小麦叶片中的叶绿素含量随之增加,而磷肥对小麦叶片中的叶绿素影响比氮肥小得多,且有

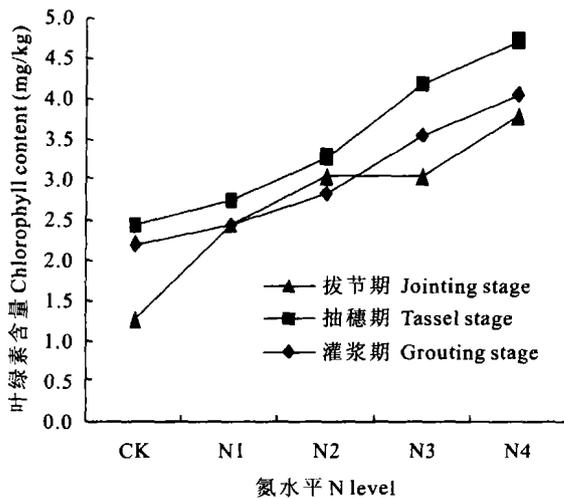


图 1 不同施肥水平不同时期小麦叶片中的叶绿素含量 (mg/kg)

Fig. 1 Under the different nutrition condition winter wheat's chlorophyll content in the different growth stage

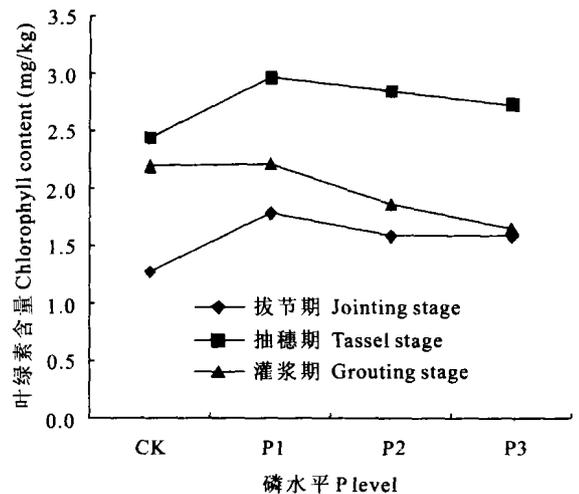
2.2 不同施肥水平冬小麦叶片反射波谱特征

从图 2~图 7 可以看出,各施肥水平小麦叶片的反射波谱曲线趋势大致相同,主要是叶绿素起作用。在绿光波段(500~550 nm 之间)有一个小的反射峰;而在红光波段,由于叶绿素的光合作用,吸收大量红光,所以形成了一个吸收带;在近红外区(760~1 100 nm)又形成一个高的反射区。

图 2~图 4 表明,在可见光波段随着施氮水平的提高,小麦叶片的反射率呈下降趋势,尤其在 550 nm 的绿光波段最为明显;而在近红外波段,随施氮量增加反射率有所增高。这可能与叶片组织结构的差异有关,因为缺氮时小麦叶片的组织结构比较紧实,细胞水化度低;与此相反,含氮量高的叶片,叶细胞大且间隙也大,细胞的水化度也高。从而表现出随着土壤含氮量的增加,叶片在可见光波段的反射率下降,在近红外波段的反射率增高。

图 5~图 7 表明,施加磷肥对冬小麦光谱的影响不像氮肥那样明显。在可见光波段,随着施肥量的增多,反射率稍微增大;近红外波段则刚好相反,随

叶绿素含量随着施磷量的增加呈现减少的迹象,但其趋势并不明显。其相对于氮素而言,所起的作用较弱,也说明了施用少量的磷肥也可以促进叶绿素的合成。这主要是因为在一定范围内,氮、磷都直接或间接地影响光合作用。氮对叶绿素的形成和光合作用等过程产生直接影响,氮肥可促进叶面积增长,叶片数目增多,叶绿素含量增加。而磷对光合产物的运输和转化起促进作用,磷主要参与能量代谢,合成 ATP,同时影响光合产物运输、转化^[1]。不同生育期相比较,抽穗期各营养水平下叶绿素含量均较高。



着施磷量增加,反射率趋于下降。

2.3 不同生育期冬小麦叶片反射波谱特性

以 N4 和 P2 处理的营养水平为例(如图 8 所示),在可见光波段 400~700 nm 处,随着小麦的生长发育,表现出拔节期、灌浆期光谱反射率均高于抽穗期;红外波段 800~1 000 nm 处则表现出光谱反射率抽穗期高于拔节期和灌浆期。这是由于抽穗时期叶片中叶绿素含量较高,所以在可见光波段反射率下降,而在近红外波段反射率升高。

在可见光波段,拔节、抽穗、灌浆 3 个时期叶片反射率的峰值出现的波长均处于 550 nm,反射率分别为 12.40%、14.89%、12.88%,拔节期<灌浆期<抽穗期。从抽穗期到灌浆期反射率减小的原因是这段时间小麦正处于即将长籽粒,很多物质及能量用于种子的产生、生长,从而减少了叶绿素合成。在 P2 营养条件下,可见光波段反射率灌浆期<拔节期<抽穗期,以 550 nm 绿光波段为例,拔节期、抽穗期、灌浆期的反射率依次为 15.81%、15.03%、9.39%。

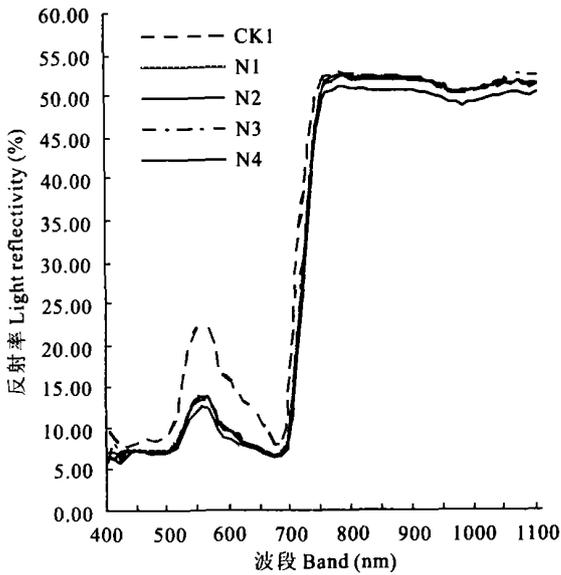


图2 拔节期不同氮素水平下反射光谱

Fig. 2 Winter wheat's reflection in the jointing stage

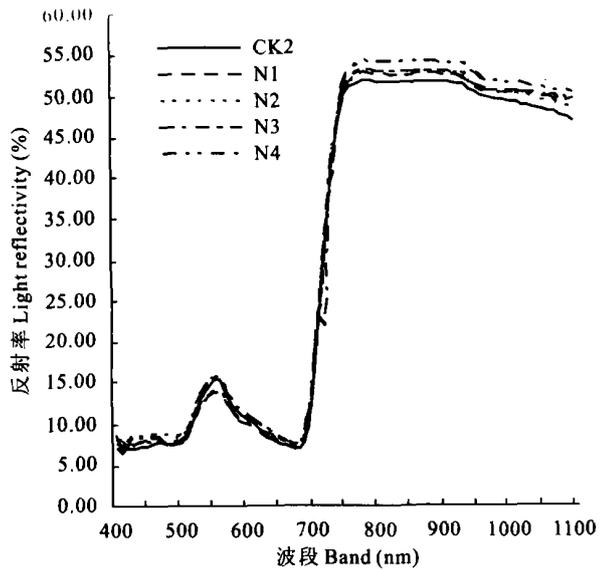


图3 抽穗期不同氮素水平下反射光谱

Fig. 3 Winter wheat's reflection in the tasseling stage

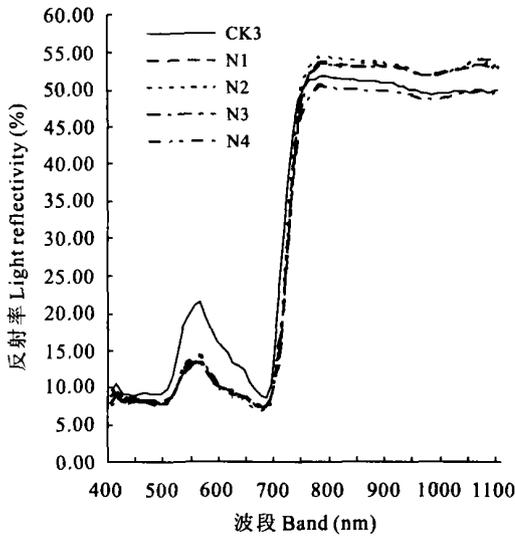


图4 灌浆期不同氮素水平下的反射光谱

Fig. 4 Winter wheat's reflection in the grouting stage

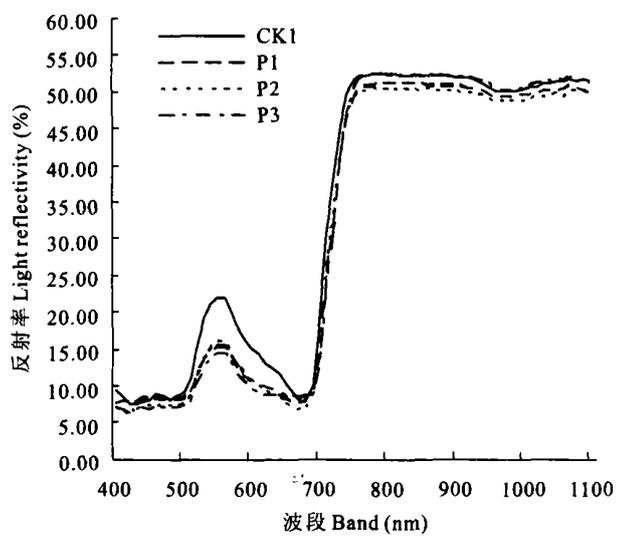


图5 拔节期不同磷素水平下的反射光谱

Fig. 5 Winter wheat's reflection in the jointing stage

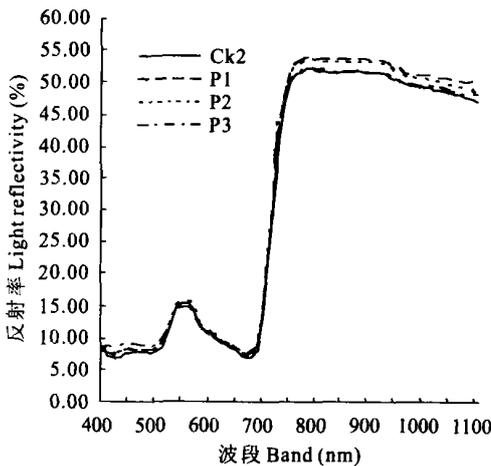


图6 抽穗期不同磷素水平下的反射光谱

Fig. 6 Winter wheat's reflection in the tasseling stage

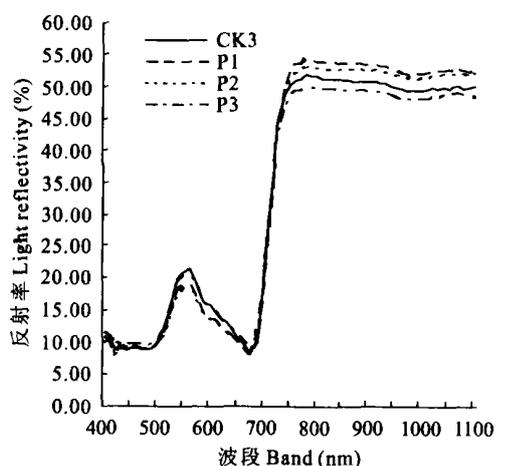


图7 灌浆期不同磷素水平下的反射光谱

Fig. 7 Winter wheat's reflection in the grouting stage

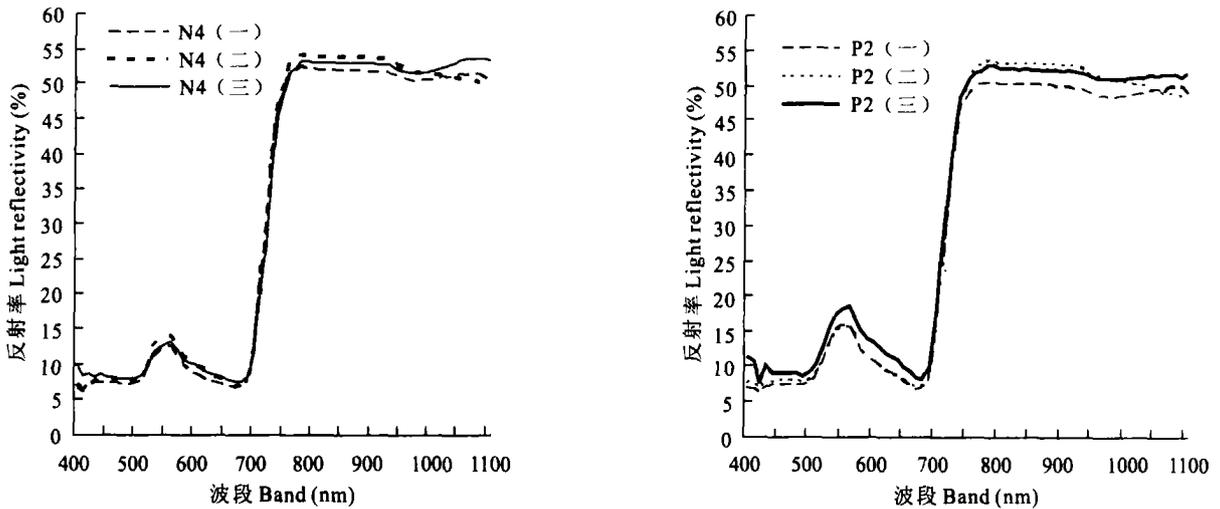
图 8 N₄、P₂ 水平下不同时期小麦叶片的反射特征

Fig. 8 Under the N₄ and P₂ the winter wheat's spectral characteristic in the different growth stage

注:图中(一)、(二)、(三)等为拔节期、抽穗期、灌浆期

2.4 叶绿素与反射率相关性

选取敏感波段即反射率差距较大的波长,通过上述图表和观测数据可得,在绿光波段的 550 nm 和红外波段的 800~1 000 nm 出现了峰值,且在该

波段处呈现较明显的差异。所以选择在 550 nm 和 950 nm 处进行冬小麦光谱反射率和叶绿素含量之间的相关分析,结果如表 1。

表 1 不同生育期叶绿素与反射率相关分析结果(相关系数)

Table 1 The chlorophyll and refection's correlation analysis in the different growth stage

波长 wavelength	施用氮肥 N nutrition condition			施用磷肥 P nutrition condition		
	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Tassel stage	灌浆期 Grouting stage	拔节期 Jointing stage	抽穗期 Tassel stage	灌浆期 Grouting stage
550 nm	-0.9019*	-0.8804*	-0.7049	-0.8742	-0.8873	-0.1175
950nm	0.8830*	0.9200*	0.5230	0.4668	0.7717	0.7937

注: * 表示 0.05 显著水平。Note: * means 0.05 significant level.

从表 1 可得,在各种施肥水平下,550 nm 处冬小麦叶片的反射率与叶绿素含量呈负相关,而 950 nm 处反射率与叶绿素含量呈正相关;并且施氮肥的相关系数明显大于施磷肥的,不同氮肥水平下冬小麦叶片中叶绿素含量与其反射率呈显著相关关系,而在不同磷肥水平下其相关性不显著。

参考文献:

[1] 任红艳,潘剑君,张佳宝. 不同施氮水平下的小麦的光谱特征及产量分析[J]. 土壤通报, 2005, (2): 26-27.

[2] 张继澍. 植物生理学(第一版)[M]. 西安:世界图书出版社, 1999.

[3] 彭克明. 农业化学(总论)[M]. 北京:中国农业出版社, 2000.

[4] 黄文江,王纪华,刘良云,等. 小麦品质指标与冠层光谱特征的相关性的初步研究[J]. 农业工程学报, 2004, (7): 203-204.

[5] 刘宏斌,张云贵,李志宏,等. 光谱技术在冬小麦氮营养诊断中的应用研究[J]. 中国农业科学, 2004, 37(11): 1743-1746.

[6] 白厚义,肖俊璋. 实验设计与统计分析[M]. 西安:世界图书出版公司, 1998.

[7] 常庆瑞,蒋平安. 遥感技术导论[M]. 北京:科学出版社, 2004.

[8] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 西安:世界图书出版社, 2000.

A study on winter wheat spectral characteristic under different nutrition conditions in Guanzhong area

GUO Man, CHANG Qing-rui, ZHANG Lian-min, YANG Yun-gui

Abstract: Based on field test and laboratory experiment, this article analyzed the correlation between the spectrum reflectivity and chlorophyll content of wheat leaf under different N and P levels in guanzhong area. The result indicates that: ① N fertilizer increase the chlorophyll content and P fertilizer does not. ② in the visible light band, the more the N fertilizer, the less the light reflectivity of the leaves, in the infrared wave band, then the effect of N fertilizer is reversed. The effect of phosphate fertilizer is not obvious. ③ under N fertilizer use condition, the visible light reflectivity of wheat leaves decreases with wheat growth; under P fertilizer use condition, the visible light reflectivity reduces at early growth stage and then increases. ④ under N fertilizer use condition, the chlorophyll content and the light reflectivity are significantly correlated, and under the P fertilizer use condition, their correlation is not significant.

Keywords: Spectrum reflectivity; Chlorophyll content; nutrition status; growth stage

(上接第44页)

An analysis on ecological and climatic conditions for cultivation *Carthamus tinctorius* L in alar irrigated area

WANG Jian-xun¹, PANG Xin-an¹, HU Yun-xi²

(1. Institute of Plant Science and Technology, Tarim university, Alar, Xinjiang 843300, China;

2. Alar Meteorological Bureau, Alar 843300, China)

Abstract: The aim of this paper is to provide scientific basis for cultivating *Carthamus tinctorius* L. in Alar irrigated area from the angle of ecological and climatic adaptability. The experiments of different time seeding and planting (spring seeding and reseeding) are done according to the demand of meteorological conditions for growth and development of *Carthamus tinctorius* L. We analyzed systematically the agro meteorological conditions in Alar irrigated area during the growth and development of *Carthamus tinctorius* L based on the experiment data. The Results showed that the $\geq 5^{\circ}\text{C}$ accumulate temperature for the growth and development of *Carthamus tinctorius* L, the nature ecological and climatic conditions, such as temperature and sunlight time, suite the growing of *Carthamus tinctorius* L. Alar irrigated area is the domain region for planting *Carthamus tinctorius* L.

Keywords: Alar irrigated area; *Carthamus tinctorius* L; ecological and climatic conditions; different time seeding and planting