

中国河北省における半乾燥地の緑化・農業改善の研究 — 中国科学院石家荘農業現代化研究所の研究事例から —

阿部 淳^{1*}・安 萍²・荒木英樹³・馬 七軍⁴
稲永 忍²

¹ 東京大学大学院農学生命科学研究科・² 鳥取大学乾燥地研究センター・³ 山口大学農学部

⁴ 中国科学院石家荘農業現代化研究所

要 旨: 中国華北地域の農業の近代化と緑化の研究を担っている石家荘農業現代化研究所は、北緯 38 度付近に、西から東へ順に、太行山前山 (丘陵) 地帯、平地、塩類土壌地域という 3 つの典型的な環境で試験を行うための支場 (站) を持ち、それぞれの生態系における固有の問題に取り組んでいる。いずれも夏期の驟雨を主体とする不安定で限られた降水量が大きな制限要因であり、水の動態や灌漑水の有効利用が主要な研究テーマであるが、丘陵地帯と塩類土壌地域では、地域住民の家計の改善に繋がる新しい経済作物の導入も、緑化・農業生産双方の観点から重要な課題となっている。2004 年 12 月の視察を基に同研究所の研究の一端を紹介する。

キーワード: 塩性植物、塩類土壌、トウモロコシ・コムギ 2 毛作、水管理

Studies for greening promotion and agricultural betterment of semi-arid land in Hebei Province, China - Research performed at the Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, CAS- : Jun ABE (Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo), Ping AN (Arid Land Research Center, Tottori University), Hideki ARAKI (Faculty of Agriculture, Yamaguchi University), Qijun MA (Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization, Chinese Academy of Sciences) and Shinobu INANAGA (Arid Land Research Center, Tottori University)

Abstract: The Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization is one of the research institutes belonging to the Chinese Academy of Sciences, and it plays vital roles in the improvement of agriculture and greening promotion in the North China Plain. This institute has three branch stations that are in line from west to east along 38° north latitude. These research stations are located in typical environments of a hilly area and a plateau in the piedmont of Mt. Taihang, and a saline-soil area, respectively. Due to the fact that the North China Plain region suffers from limited precipitation, which is mostly composed of rain showers during the summer season, soil hydrology and the efficient use of irrigation water are staple research topics at these stations. In addition, studies which pursue the introduction of new economic plants are an important work in hilly and saline-soil areas, because the improvement of the livelihood of the local community is necessary to succeed in the greening and agricultural betterment in these areas. In this review, several studies and trials performed by the researchers of Shijiazhuang Institute of Agricultural Modernization are briefly introduced.

Keywords: Halophyte, Maize-wheat double cropping, Saline soil, Water management

1. はじめに

鳥取大学乾燥地研究センターと中国科学院水土保持研究所が中心となり、2001 年 (平成 13 年) より、日本学術振興会と中国科学院との拠点大学方式学術交流事業「中国内陸部の砂漠化防止及び開発利用に関する研究」 (<http://www.alrc.tottori-u.ac.jp/core/>) を実施

している。

このプロジェクトの一環として、日本側の第 4 課題担当メンバーが平成 16 年 12 月 18 日 - 30 日の日程で中国を訪問し、乾燥地域の農業・緑化について視察・現地調査を行った。日程の前半は、拠点大学方式学術交流事業の参加機関のひとつである中国科学院の石家荘農業現代化研

2005 年 2 月 24 日受付

* 連絡先 〒113-8657 東京都文京区弥生
Fax: 03-5841-5045 E-mail: JunAbe@agrobio.jp

研究所を、後半は内蒙古自治区阿拉善盟を訪問したが、いずれも半乾燥地・乾燥地における研究・事業を行っており、根の研究者にとって興味深い事項を多々見聞できた。今回は石家荘農業現代化研究所の研究活動を紹介します。次号で阿拉善盟での緑化・開発事業を紹介する。

2. 河北省と石家荘農業現代化研究所の概要

河北(Hebei)省は、北京・天津を取り巻くようにして黄河以北の渤海に面した地域に位置する。面積は19万km²、人口は1949年に3,086万人であったものが2001年には6,702万人と増加しており、平均人口密度は359人/km²と高い(中国地図出版社, 2003)。古来、人口が多く農業生産力の大きな地域であるが、現在も省の全面積の34%が農耕地であり、2000年の中国全国の農業生産額の6%を河北省が占めている。作物としては、小麦、トウモロコシのほか、綿、落花生などの生産量も多い。また、一部では、北面が煉瓦造りの温棚(ビニールハウス)を用いての比較的規模の大きな施設園芸もみられる。日射量などの条件には恵まれているが、降水量は省内の多くの地域で400-600mmと少なく、その7割が夏期に集中しており、水不足が植生保全や農業生産の制限要因となっている。農耕地は「中旱地」が大半を占めており、河川や地下水などの水資源により2000万亩(約1.3万km²)以上の耕地が灌漑可能となっているものの、有効な水利用のための研究・技術開発へのニーズは高い。なお、河北省については、鳥取県が石家荘農業現代化研究所と共同で製作した中日英の3カ国語による「砂漠化防止」ホームページ(<http://www.pref.tottori.jp/sankai/sabaku/jmain.htm>)にも紹介があるので、参照されたい。

河北省の省都石家荘に本所を置く石家荘農業現代化研究所(<http://www.sjziam.ac.cn/>)は、河北省も含めた華北地域の農業の改善を使命とする中国科学院傘下の国立研究機関である。同研究所の馬七軍副所長が手配を行い、日本側メンバーが12月19日-24日の間河北省に滞在し、研究情報の交換ならびに支場と農業現場の視察を行った。同研究所は、正規職員148名、5部門で構成され、河北省を中心に現地での栽培試験や育種から分子生物学の応用まで幅広い研究を手がけている。外国との共同研究も活発で、日本では乾燥地研究センターのほか、森林総合研究所や日本学術振興会とのプロジェクトも実施している。

これまでの同研究所の主要な研究成果としては、(1)高収・高品質性コムギ3品種の育成と

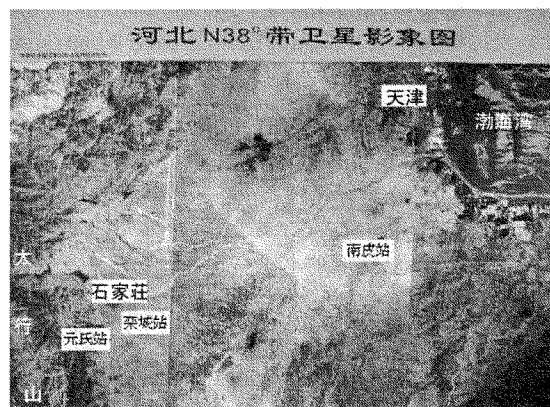
普及に成功し、華北地域200万ha以上で作付けされている、(2)塩性土壌地域での収益を倍増できる栽培体系を考案した、(3)ニンジンの品種・栽培・ポストハーベストの改良に成功し、ニンジン生産量・輸出量で中国が世界1位に向上するのに寄与した、(4)華北地域での水利用モニタリングシステムを創出した、などが挙げられる。

同研究所は、石家荘の本所のほかに、河北省内の北緯38°付近に、西から東へ順に、丘陵(前山)地域、平地、塩性土壌低地の3つの異なる環境での農業・緑化を研究するための支場を持ち(第1図)、各担当者が研究を進めている。それぞれの環境・生態系に即した研究が活発に行われていることに加え、山-平野-下流域をカバーして、半乾燥地における水の動態と農業の問題を「流域」のレベルで考えることができるという大きな利点がある。我々は、これら3つの支場(站)も訪問して、担当者から研究成果を聞いた。以下、これらの支場と農家園場の視察について、順次報告する。

3. 丘陵地帯における緑化と経済作物導入の試み

3つの支場のうち、西側に位置する元氏站は、石家荘市街から南西へ30kmほど離れた場所にあり、太行山(Mt. Taihang)という山脈の前山(=丘陵)地域のなかに位置し、丘陵地の植生維持と農民の収益性との両立を目指して研究を行っている。元氏站の張万軍站長にお世話頂き、ここを研究拠点としている安淑萍、馮学贊の両氏から従来の成果と現在の研究課題をうかがった。

この支場の研究棟は、標高約350mの位置にあるが、周辺は山や丘陵に囲まれ、研究棟から下方にはテラス状の小麦畑が散在している(第2図)。山は地肌がむき出しになった部分が多い。その一因は過去に行われた羊などの過放牧で、

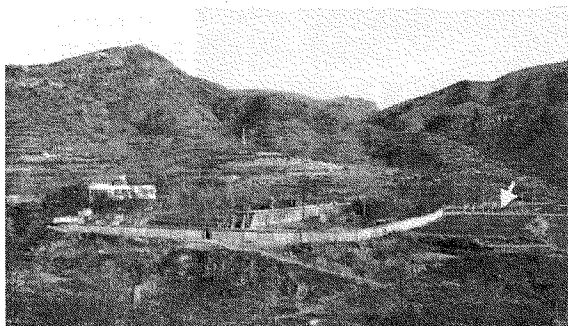


第1図 石家荘農業現代化研究所の支場(站)配置。

現在では山間部での放牧が厳しく制限されている。年間降水量は200-500mmと少なく、さらにその7割が8月・9月に驟雨として降るため、植生の乏しさや傾斜地という地形と相まって雨水の保持力に乏しく、表層土壌の流亡も著しい。このことは、地下水(湧き水)を含めた下流域への水供給も不安定にする。ただし、地下に浸透した水は、比較的浅い岩盤の上を流れるため、地下水位は1-2mと高く、井戸が容易に作れる。地域住民は支場より下方に居住しており、煉瓦造りの家が斜面を走る道路沿いに集まって集落を形成している。テラス状の畑には冬作物のコムギが栽培され、集落の中には、収穫済みのトウモロコシの穂を集めたものがいたるところに山積みされていた。平地と同様の2毛作が主体の小規模農業経営と考えられる。

支場は、1986年に太行山前山(丘陵)地帯の緑化とそれによる下流域の環境改善を目的に開設され、中国の第7次5カ年計画の一環として、周辺の丘陵農地に観測点を設置し研究を開始した。第8次5カ年計画以降は、第7次計画での「地域農民の経済・生活の改善が願みられなかった」という反省から、緑化とあわせて地域農民の経営改善が主要目標に掲げられている(安, 1996; 王, 1996)。植生が破壊された要因のひとつが、羊などの過放牧であったことを考えると、こうした地域住民の家計の改善は、植生保護のためにも重要であろう。

これまでの研究成果から推奨される植生の垂直分布は次のようなものである。すなわち、山や丘陵の頂上近くは乾燥が厳しいため草本植物のみとし、中腹には草や作物と樹木の間作を行い、下腹部では作物を栽培する(第2図)。農家の収入に配慮し、中腹に植える樹木や草本には、乾燥地に適した果樹や薬用植物の導入を試みている(安, 1996)。これら果樹などの樹木は、国内の他の試験場で育成・選抜された品種などを研究棟近くの試験圃場で試験栽培して適性を評



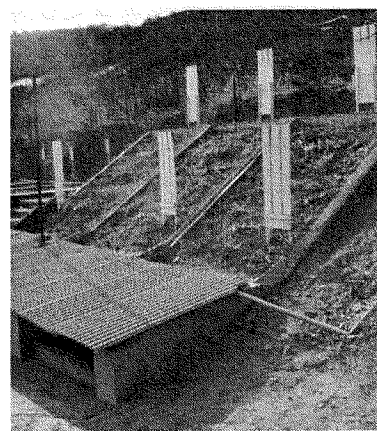
第2図. 元氏站とその周辺。

左後方の山はザクロ(石榴)が植林されている。右手前の畑(矢印)はコムギ。

価し、有望と見られる樹種・品種を丘陵地や山に移植して実地の試験を行なっている。これまでにザクロ(石榴)、ナツメ(棗)、アンズ(杏)、オウトウ(桜桃)、カキ(甘柿)などの果樹や、トチュウ(杜仲)などの漢方薬・健康食品原料となる植物の栽培が試みられており、ザクロなどは高い適性を示している(高ら, 1996a, 1996b; 刘ら, 2002)。

第9次5カ年計画からは、雨水の効率的利用や、少量の水での効率的な緑化・栽培が、目標に加わった(李ら, 2002)。場内には、野外で土壌水分の変動や水の動態を調べるための装置が多数設けられ(第3図)、降水のうち、地表を流れる水と地下に浸透して地中を下方へ流れる水の割合や、その場での水消費量と下方域への水供給量との割合などが調べられている(曹ら, 2002; 李ら, 2002; 刘ら, 2003)。今回、これらの装置を説明して下さった冯学贊氏は、こうした地水学的な研究と併せて、水の有効利用のための技術開発にも取り組んでおり、石垣で組んだテラスにおいて樹木を植える位置を工夫することで、斜面やその表土の中を流れてきた水を保持したり、岩盤の直上に管を暗渠状に埋設して雨水を集め農業用水として再利用するなどの試みをしている。

以上述べた経済植物の導入や、水有効利用技術の地域住民への普及はこれからの課題であるが、元氏站が管理する丘陵は周辺の丘陵に比べて植生による被覆度が高く、20年近い緑化研究の成果が窺われる。一方で、元氏站で活動する研究者らは、研究成果の導入により植生や水利用が変わった場合の環境への影響にも着目している。特に、水の消費量や動態が変化し、地下水を含めた流域レベルの水環境に影響を及ぼす



第3図 傾斜地での水動態を調べる装置。

降水のうち、地表を流れる水と地下に浸透して地中を下方へ流れる水の割合などを、植生別に比較することができる。

可能性もあり、新しい植生内での水に着目した研究が行われている(刘ら, 2003)。

4. 平地における作物生産の水利用効率化の試み

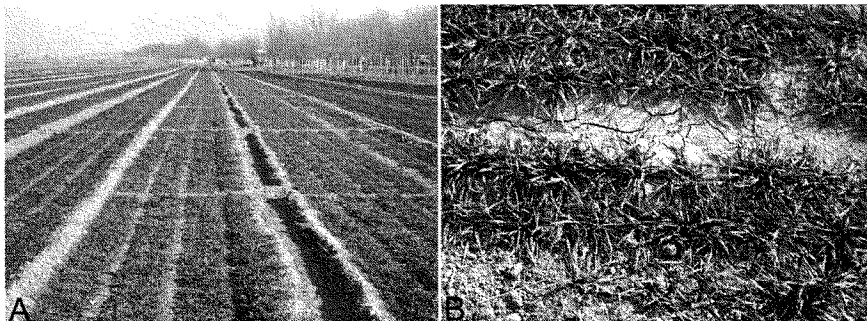
石家荘市街から南東へ約 20km の栾城(Luangcheng)県に位置する栾城站では、胡春胜站长(副所长)と张喜英氏に話をうかがった。この支場の周辺は、華北平原の典型的な平地の玉米(トウモロコシ)－小麦(コムギ)2毛作地域である。代表的な灌漑栽培地帯でもあり、比較的収量も高い地域であるが、地下水位が年に 1m 程度低下しているという深刻な問題がある。したがって、この支場でもトウモロコシとコムギを中心に、特に水の効率的利用という視点で研究が進められており、ライシメータ、気象観測装置などの設備が充実している。さらに、中国全域での水管理や水有効利用を意図した大型プロジェクトの研究拠点のひとつでもある。

具体的な研究成果としては、灌漑の時期や量・施肥量・マルチなどを様々に組み合わせての栽培試験を実施し、生育・収量に関わる形質や水の動態に関する作物学的・地水学的な調査をして、栽培管理、特に灌漑の指針作りを行ってきた(张ら, 2001, 2002)。また、コンピュータによるモニタリングや灌漑制御など IT 化・ネットワーク化(<http://www.sjziam.ac.cn/lcpage/main.asp>)にも取り組んでおり、精密農業(precision agriculture)も主要テーマのひとつである(李・程, 2002; 李・胡, 2003; 程ら, 2004)。

2毛作のうち、コムギを栽培する秋から翌春にかけての時期は乾期にあたり、降水量が少ない。冬小麦生育期間(10月－翌年5月)の降水量は、1951年から2000年にかけての50年間の平均で117mmであるが、年によっても大きく変動する。例えば、1998－1999の同期の降水量は

僅か60mmであったが、この乏しい降水量のもとで、支場での無灌漑区のコムギの収量は約5 t/haであり、降水120mm相当の灌漑を施した区では7 t/haであった(Zhang et al., 2004)。日射量が大きく気温が低いためか、日本のコムギに比べて高い収量水準である。

张喜英氏は、生育段階を追ったコムギ根系の発達と深さ別の土壌水分の変動との関係を調べてモデル化するなど、水利用効率化の研究の一環として、根についても多くの研究を行っており(Zhang et al., 2003, 2004)、作物根系に関するテキストも執筆している(张, 1999)。この地域の土壌は、壤土層が厚く根の発達に比較的適しており、コムギ根系の最深部は2mに達するが、土壌水分の有効利用のためには、さらに深根の量を増やす必要がある(Zhang et al. 2004)。ある深さにおいて十分な土壌水分がある場合、吸水量はその深さにおける根長密度と比例する。したがって、十分な灌漑を施した区では根量の多い浅い層からの吸水がきわめて高い割合を占めている。これに対して、無灌漑の区では深層からの吸水の割合が灌漑区に比較して高くなる。根に着目すると、無灌漑区では灌漑した区に比べて、深さ140cm以深の根長密度が大きく、単位根長あたりの吸水量も深さ1m以深の層で際だって大きい。しかし、これらはあくまでも灌漑区との相対的な比較であり、根の絶対量としては、土壌表層から深層にかけて漸減することには変わりはない。根長密度が0.8cm/cm³以下の深層部では、土壌の水分含有率よりも根量の不足が吸水の制限要因であり、浅い層では有効な土壌水が枯渇する無灌漑区であっても、深層も含めた根域全体としては、登熟期に100mm以上の降水に相当する有効水が吸い残されている。こうした深層での水の利用効率を高めるため、深耕により耕盤を破碎し、根の深層への発達を



第4図 石家荘郊外の小麦畑。

- A. 数メートル間隔の低い畦で長方形に仕切られた区画が並び、数列ごとに溝が掘られている。
B. 条播されたコムギ。乾燥により土壌に細かいひび割れがみられる。

促すなどの方法が試みられている (Zhang et al., 2004).

栾城站とは別に、石家荘郊外の平地で農家圃場も観察した。5-10mの間隔で長く溝が掘られ、それと直行する向きに数m間隔で小さな畦が立てられており (第4図)、限られた水を有効に利用するために耕起・播種の段階でかなりの労力をかけていることが窺われた。

5. 低地における塩類障害対策と塩性植物導入の試み

南皮は、石家荘より東へ約200kmに位置する。かつては海底であった沖積地帯で、地下水に3%近い塩分を含む。年間降水量は約500mmであり、そのうち約200mmは7月に集中している。塩類障害が問題となる地域であるが、それが解決できれば、日射量は大きく、多収が期待できるという。南皮站はこうした地域の緑化と農業改善のために設立されたもので、設立当初は平均年齢32歳の若いスタッフ7人で発足した。站長の劉小京氏に説明を聞き、場内と農家圃場を案内して頂いた。また、パキスタン・カラチ大学から共同研究のために訪れていた塩性植物の専門家 M. Ajamal Khan 教授らとも研究情報を交換した。

塩類障害対策の栽培技術としては、これまでの研究で、(1)深い溝と暗渠の組み合わせ、(2)トウモロコシ稈の埋め込みによる毛管水の遮断、の2つの栽培技術が考案されている (劉ら、投稿中)。塩類集積は、塩分を含む地下水が、土壌粒子の細かい間隙を毛管現象で地表まで上がってきて、表面蒸発により塩分だけが表土に取り残されることによって起こる。南皮站で考案された2つの栽培法は、地下水が作物根域まで上がってこないようにする実用技術である。1の



第5図 ナツメ (桑) とワタ (棉) の間作。

綿収穫後の南皮の農家圃場。棉のほか、コムギ、トウモロコシなどと間作する。地面が白いのは、河北省では稀な積雪のため。

排水溝は、この地域では地下水位が1.5m以上であれば、地下水が上がってこないことが分かったので、排水溝の底部から作物の植わっている地表面までの高さを1.5m以上にすることを推奨している。同時に、広大な面積にわたって排水のための用水が整備され、排水された地下水をポンプで汲み出し、根域への地下水の上昇を防いでいる。2は、夏作のトウモロコシの収穫後に、その稈を20cm程の深さに横倒しに埋めることで、地下水の毛管現象による上昇を遮断する。そこに冬作のコムギを栽培すれば、稈より上の表層20cmの土壌を主な根域としてコムギが生育する。栽培試験では、トウモロコシ稈の埋設により、面積当たりのコムギ穂数が塩類障害の発生した圃場の2.5倍、1穂粒数は2倍となり、約5倍の収量が得られているという。これらの栽培法には大型機械を用いる。また、農家の収益増加のために、作物と果樹の間作 (第5図) も奨励しており、複合的な栽培体系を目指している。

南皮站では、耐塩性品種の選抜・育成と塩性植物を利用した新しい作物の創出も、重要な研究課題である (劉・劉, 2002)。果樹では、ナツメやリンゴ、ナシ (鳥取県のナシを含む) などの選抜が継続的に行われている。コムギでは、岡山大学資源生物科学研究所の武田和義教授とのプロジェクトで導入した耐塩性にかかわる遺伝子が、現在の推奨多収品種に組み込まれている。塩性植物の利用にも取り組み、国際共同研究も積極的に進めている (劉・劉, 2002)。有望な植物としては柶柳 (*Tamarix chinensis*, ギョリュウ; ギョリュウ科) が挙げられる。防火板などの原料として日本にも輸出されている木本植物で、花は鑑賞にも用いられる。南皮站では、柶柳の栽培技術の確立を目指して、育苗法などを詳細に研究している。そのほか、飼料として利用可能な四翅濱藜 (*Atriplex canescens*, ハマアカザ属; アメリカ原産) や、薬用植物、花卉類など、経済価値のありそうな塩性植物の栽培・導入を試みている。ただし、地域住民へのこれらの新作物の本格的な導入には、産物のマーケティングの確立も必要である。

作物栽培の他に、牧畜地域の植生維持や水産振興も重要な課題で、放牧地での尿素施肥による植生の変化などが研究されている。

6. おわりに

今回の視察では、日本とは大きく気象条件の異なる中国半乾燥地の農業研究の課題と進展状況を認識するとともに、地域住民 (農家) の収

益向上を目指した実用技術の研究について、多くの情報を得ることができた。耐乾性や水利用効率、耐塩性、あるいは傾斜地での植生など、根に関わりの深い問題が、フィールド研究の課題となっており、日本の根の研究者にとっても学ぶところの多い研究現場といえる。石家荘農業現代化研究所の研究者・職員は、国際共同研究にも意欲的である。学生や若手研究者の派遣なども含め、日中間の研究協力がさらに活発になることを期待したい。

謝 辞

今回の調査旅行は、日本学術振興会と中国科学院の拠点大学方式学術交流事業「中国内陸部の砂漠化防止及び開発利用に関する研究」の一環として行ったものである。石家荘農業現代化研究所で研究紹介をして下さった研究者は本文中に記したとおりであるが、他の研究者の方々にもセミナー等で交流させて頂いた。加えて河北省での滞在と移動に際しては、同研究所の徐亞賓氏や運転手らをはじめとする職員の皆さんに大変お世話になった。心から謝意を表する次第である。鳥取大学乾燥地研究センターから同行した中澤亮二講師・平野亜津子氏(大学院生)と、旅行の手配をして下さった同センター職員の田村みを氏にも、お礼申し上げる。

引用文献

- 安淑萍 1996. 丘陵山地草本经济植物引种试验研究. 云正明・刘金铜 編. 林业生态工程研究文集. 气象出版社, 北京. pp122-129.
- 程一松, 胡春胜, 陈素英 2004. 县域精准种植运行系统的设计研究. 农业工程学报 20 (6): 149-153.
- 曹建生, 张万军, 唐常源 2002. 太行山典型小流域潜流动态变化研究. 水利学报 2002年(第6期): 91-95. www.chinawater.net.cn/Journal/slx/200206/16.htm
- 高福存, 曹铁森, 安忠民 1996a. 太行山低山丘陵区果树引种栽培与适应性试验研究初报. 云正明・刘金铜 編. 林业生态工程研究文集. 气象出版社, 北京. pp87-91.
- 高福存, 曹铁森, 安忠民. 1996b. 太行山低山丘陵区

- 药用植物引种栽培试验研究初报. 云正明・刘金铜 編. 林业生态工程研究文集. 气象出版社, 北京. pp96-102.
- 李红军, 程一松 2002. 栾城精准种植网络服务平台的建设. 中国生态农业学报 10 (2): 130-132.
- 李红军, 胡春胜 2003. 多层次土壤水分模型及其在小麦墒情预测中的应用. 华北农学报 20 (增刊): 132-136.
- 李发东, 张万军, 芝博文, 张秋英 2002. 太行山小流域雨水集流与节水灌溉的研究. 中国生态农业学报 10 (1): 68-71.
- 刘金铜, 毕绪岱, 蔡虹 2002. 太行山区日本甜柿引种的气候生态适应性研究. 农业系统科学与综合研究 18 (1): 71-74.
- 刘志军, 张万军, 曹建生 2003. 太行山石质山地石槽中幼林林地蒸散规律研究. 应用生态学报 14(6): 102-105.
- 刘小京, 刘孟雨 主编 2002. 盐生植物利用与区域农业可持续发展 (Halophyte Utilization and Regional Sustainable Development of Agriculture). 气象出版社, 北京. 325 p.
- 王建江 1996. 太行山干旱山区牧草栽培与资源高效利用研究. 云正明・刘金铜 編. 林业生态工程研究文集. 气象出版社, 北京. pp134-139.
- 张喜英 编著 1999. 作物根系与土壤水利用. 气象出版社, 北京. 186 p.
- 张喜英, 裴冬, 由懋正 2001. 太行山前平原冬小麦优化灌溉制度的研究. 水利学报 2001年(第1期): 90-94. www.chinawater.net.cn/Journal/slx/200101/17.html
- 张喜英, 裴冬, 胡春胜 2002. 太行山前平原主要作物灌溉指标研究. 农业工程学报 18 (6): 36-41.
- Zhang, X.Y., Pei, D. and Hu, C.S.. 2003. Conserving groundwater for irrigation in the North China Plain. Irrigation Science 21: 159-166.
- Zhang, X.Y., Pei, D. and Chen, S.Y. 2004. Root growth and soil water utilization of winter wheat in the North China Plain. Hydrological Processes 8 (12): 2275-2287.
- 中国地图出版社編 2003. 分省中国地图集. 中国地图出版社, 北京.