

ICDD
INTERNATIONAL CENTER FOR
DEVELOPMENT AND DECENT WORK
KASSEL
UNIVERSITY



ICDD
International Center for
Development and Decent Work

Towards a water and nutrient efficient forage production in semi-arid regions of Pakistan

Sami-UI-Allah



**KASSEL
SITÄT**

kassel
university 
press

General Summary

Pakistan has an agriculture based economy and share of the agriculture in GDP of the country is 21% and about 65% of the population is directly or indirectly related to this field. Livestock farming is a very important economic activity in the urban and peri-urban (UPA) areas of Faisalabad and other cities in this climate zone, where green forage is the major source of animal feed. Area and production of forages is declining due to rapid urbanization and competition of forages with cash crops, which increases the need to enhance the productivity on the remaining area. Taking the constraints of forage production into consideration, the major objective of the study was to contribute to a sustainable forage production with acceptable nutritional quality to overcome the gap between forage production and demand and to ultimately improve the profitability of farmers.

An initial baseline survey was conducted in the forage growing areas of Faisalabad to study the socio-economic aspects and farming practices of the fodder growing farmers in 2010-11. It was revealed from the survey that the farmers had two types of land holdings; either they owned the land (88%) or they rented land in (44%), but also mixed tenure systems existed. On the basis of total cultivated land and livestock heads, the households were divided into four groups. The first group comprised small farmers with 2.6 ± 1.7 ha of land and 3.2 ± 2.4 heads of livestock, the second and third groups included households with larger amounts of land (9.1 ± 3.2 and 8.5 ± 5.3 ha), respectively with 9.1 ± 3.2 and 26.1 ± 9.0 of livestock heads respectively. A fourth group had 39.2 ± 12.0 ha with 12.9 ± 5.8 livestock heads. Wheat, maize, sorghum and Egyptian clover (berseem) were common crops in all groups. Farm yard manure (FYM), urea and di-ammonium phosphate (DAP) were used as sources of plant nutrition whereas integrated use of fertilizer (combination of FYM and MIN) was common as practiced by 86% of the respondents. Canal water was the major source of irrigation but many farmers also used tube well to irrigate their fields as supplementary source. Livestock was one of the most important sources of income in peri-urban farming systems and thus played a major role in the household economy. Within in the studied area, 92% of the respondents had livestock, with buffalo being the pre-dominant animal (86% of the respondents) that was kept either alone or in conjunction with other livestock like cattle and goat etc. Farmers in the study area encountered multiple challenges with water shortage being the main problem (reported by

94% respondents) that frequently resulted in crop losses. Fertilizer shortage was recorded as the second most important problem (reported by 55% of the respondents) in the study area. Marketing was also one of the major problems and was reported by 46.5% of the respondents. This problem was mostly mentioned by farmers who cultivated sugarcane, forages and vegetables, as there were no fixed prices for these commodities. Development of policies to control the price and quality of seed, pesticides and fertilizers might be helpful to improve the situation. Research is needed to identify water and nutrient efficient crops with acceptable forage quality to improve the productivity and profitability of the UPA farmers.

Considering the outcomes of the baseline survey, a field experiment was conducted to (i) evaluate the effects of crop species, fertilizer type and irrigation level on yield, (ii) determine the corresponding water use efficiencies and (iii) investigate relationships between chlorophyll content and crop yield as a basis for a simple sensor-based prediction of crop yield for the practice. A two-year field experiment was conducted in Faisalabad, Pakistan, with a split plot arrangement of a combination of fertilizer treatment (control, farm yard manure (FYM) and mineral fertilizer (MIN)) and irrigation (recommended irrigation (RI), half recommended irrigation (HRI)) as main plot. Subplots were assigned to two cropping systems (common (CCS): Egyptian clover followed by corn, drought-adopted (DACS): Oat followed by Sudan grass). Crops were grown in two consecutive growth periods within one year, i.e. winter (November to April) and summer (May to August). Both FYM and MIN were applied with 107 kg N ha⁻¹ and 26 kg P ha⁻¹. Actual total irrigation applied for Egyptian clover, oat, corn and Sudan grass under RI was 840, 729, 689 and 689, respectively and HRI was done by doubling the irrigation interval. Collected data were analyzed with the software package MSTAT-C, considering the split-plot design of the experiment. Results revealed that crop effects were always significant and depended both on fertilization and irrigation. In case of total annual yield the DACS produced 14.8% more than the CCS, and the yield difference was bigger with reduced than with recommended irrigation (17.8% vs. 11.78%, respectively). Differences were bigger in winter crops than in summer crops. Considering the actual environmental conditions during our study, there were 169 and 45 mm additional precipitation in summer and in winter season, respectively, which may have contributed to lower drought effects in summer. Fertilizer effects were very similar for all crops and interactions with

the crop species and irrigation, although statistically significant, of minor magnitude. Contrasts revealed no significant yield difference between the fertilized treatments, whereas compared to the control fertilization increased the yield by 20.9 % (average across all crops and irrigation levels). Fertilizer effects on total annual yield were stronger with recommended irrigation (23.3%) as compared with the control, while with reduced irrigation the difference was only 18.4%.

The IWUE further highlights the effectiveness with which crops are able to make use of this essential resource. Crop effects for IWUE in the present study were generally significant and interacted both with fertilization and irrigation. Overall crop effects were identical in direction i.e. DACS was more efficient than CCS but stronger in HRI (0.61 kg DM m⁻³) than in RI (0.29 kg DM m⁻³). Total annual IWUE of the DACS was 22 and 28% higher than of the CCS in both RI and HRI conditions respectively. Fertilizer effects, although there were significant interactions, were very similar within both cropping systems. IWUE of the fertilized treatments were significantly higher than the control, i.e. 17.9% in the CCS and 22.3% in the DACS. Irrigation effects in our study showed the same tendency in all treatments. CCS and DACS were 63.7% and 74.4% more efficient in HRI than in RI respectively. From these results we can say that there is need to increase the irrigation interval for efficient use of available irrigation water. Since the proper time for irrigation varies depending on the distribution of rainfall and other environmental conditions, it should be adjusted according to local conditions. Relationships between dry matter yield and relative SPAD contents were investigated. Positive linear relationships were found between SPAD value and DMY for all crops with R² values between 0.63 and 0.96, indicating a proportional increase in leave greenness during growth of crops.

The samples from the field experiment were preserved to study the nutritional quality of the forage crops. The major objectives of the study were to i) evaluate the effect of crop species, fertilizer and irrigation on nutritive quality and ii) determine the irrigation water use efficiency (IWUE) in terms of crude protein (CP) and metabolizable energy (ME) production per unit of irrigation water. Samples were taken from 0.25 m² randomly and 500 g of fresh matter was dried at 55 °C for 48 h. Subsequently, 20 g each of the dried samples were ground with a 1-mm sieve with Cyclotec sample mill (Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden) in order to determine their nutritive value by near infrared spectroscopy (NIRS) followed by wet analysis of selected samples. Data obtained were

analyzed with the software package MSTAT-C, considering the split-plot design of the experiment. Quality traits were significantly affected by crop species whereas fertilization, irrigation and interaction effects were mostly non-significant or inconsistent and relatively small. No significant effect of fertilizer and irrigation on CP concentration was found whereas crop species effects were significant ($P < 0.05$). Significant crop effects were found in both seasons which accounted for a major portion of the total variation. Over the whole year CCS had a 44% higher CP concentration on dry matter basis than DACS. Mean CP contents of CCS were 130.4 g kg^{-1} which indicates a high quality and 90.3 g kg^{-1} for DACS which is graded as fair quality forage. Irrigation water use efficiency for protein production (IWUE-CP) characterizes the efficiency of crops to produce protein per unit of land with a given amount of water. All treatment effects were significant ($P < 0.05$) for IWUE-CP in winter, summer season and the total year. IWUE-CP in fertilized plots was 24, 22 and 23% higher than in the unfertilized for the winter and summer seasons and for the total year, respectively, whereas no significant ($P < 0.05$) differences were found between the two fertilized treatments. IWUE-CP of HRI was 75, 69 and 69% higher than for RI in winter, summer and total year, respectively. Over the full year CCS was 13% more efficient than DACS. Due to higher dry matter yield of DACS, CP yield of the both systems were almost similar even CCS had higher concentration. ADF represents the highly indigestible part of forage and is frequently used to assess the forage quality. Analysis of variance revealed no effect of fertilizer and irrigation on the concentration of this component whereas crop effects were significant ($P < 0.05$) for winter, summer and the total year. Mean ADF values of CCS and DACS were 337.6 and 366.6 g kg^{-1} , respectively, which falls in good quality standards. Metabolizable energy is the most important limiting factor in dairy nutrition. Fertilizer and irrigation effects on ME contents were found non-significant for winter crops and total year, whereas in summer irrigation effect was significant. However, ME contents were 1.1% higher with reduced irrigation than with recommended irrigation, but effect size of irrigation was very small and its contribution to total variability was only 5%. The total year ME contents of DACS were 9.5% higher than of CCS. Irrigation water use efficiency for ME production (IWUE-ME) characterizes the efficiency of crops to produce ME per unit of land with a given amount of water. ANOVA for IWUE-ME showed significant differences for all treatments and interactions in winter, summer and for the total year. Contrasts revealed that IWUE-ME of fertilized treatment was 21, 19

and 20% higher than unfertilized in winter, summer seasons and total year respectively, whereas differences among the two fertilized treatments were not significant ($P < 0.05$). IWUE-ME of half recommended irrigation was 80, 60 and 70% higher than recommended irrigation in winter, summer and total year, respectively. IWUE-ME of DACS was higher than CCS in both seasons (46 and 33 % in winter and summer, respectively) and for the full year (38%) and was due to DACS's superior biomass yield and ME concentration.

From the whole study it can be concluded that, the implementation of DACS in Pakistan's agriculture may contribute to a more efficient and sustainable forage production and by this may enhance also the profitability of the farmers.

German summary – Zusammenfassung

Die Wirtschaft Pakistans ist im Wesentlichen agrarisch geprägt. Der Anteil der Landwirtschaft am BIP beträgt 21% und ca. 65% der Bevölkerung sind direkt oder indirekt in diesen Sektor eingebunden. Dabei ist die Tierhaltung ein bedeutendes Wirtschaftsfeld in den städtischen und vorstädtischen Gebieten Faisalabads und anderer Städte in dieser Klimazone, in der Grünfutter das Hauptfuttermittel darstellt. Sowohl die Anbaufläche als auch die Produktion des Futters nehmen aufgrund der schnellen Stadtentwicklung und der Konkurrenz mit Marktfrüchten stark ab. Dies erhöht den Bedarf nach einer gesteigerten Produktivität auf den verbliebenen Flächen. Das übergeordnete Ziel dieser Studie war, unter Berücksichtigung der relevanten Rahmenbedingungen der Futterproduktion, einen Beitrag zu leisten zur Entwicklung einer nachhaltigen Futterproduktion, die einen akzeptablen Nährwert sicherstellt, die Lücke zwischen Produktion und Nachfrage schließt und letztlich die Wirtschaftlichkeit der Produktion verbessert.

In den Jahren 2010-11 wurde eine erste Studie in den Futteranbaugebieten Faisalabads durchgeführt, um sozio-ökonomische Aspekte sowie die landwirtschaftliche Praxis der Futterbereitstellung zu erheben. Dabei stellte sich heraus, dass die Bewirtschaftung der Flächen zum einen auf eigenen Flächen der Landwirte (88 %), zum anderen auf gepachteten Flächen (44 %) erfolgt. Darüber hinaus gibt es Mischformen beider Eigentumsverhältnisse. Auf Basis der gesamten Anbaufläche sowie des Tierbestandes wurden die Haushalte in vier Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe umfasste kleine landwirtschaftliche Einheiten mit 2.6 ± 1.7 ha Land und 3.2 ± 2.4 Tieren, die zweite und dritte Gruppe bestand aus Einheiten mit größerer Fläche (9.1 ± 3.2 und 8.5 ± 5.3 ha), beziehungsweise 9.1 ± 3.2 und 26.1 ± 9.0 Tieren. Die vierte Gruppe umfasste Einheiten mit 39.2 ± 12.0 ha und 12.9 ± 5.8 Tieren. In allen Gruppen gehörte Weizen, Mais, Sorghum und Alexandrinerklee zu den häufigsten Kulturen. Die eingesetzten Düngemittel waren Wirtschaftsdünger (FYM), Harnstoff und Diammoniumphosphat (DAP), wobei die Kombination aus FYM und DAP von 86 % der Studienteilnehmer angewendet wurde und damit die gebräuchlichste Form darstellte. Für die Bewässerung wurde im Wesentlichen Abwasser eingesetzt, viele Landwirte nutzten jedoch auch zusätzlich Brunnenwasser. Die Tierhaltung war einer der wichtigsten Bestandteile des Einkommens in der vorstädtischen Landwirtschaft und spielte damit eine wichtige Rolle im Wirtschaften der Haushalte. 92 %

der Studienteilnehmer waren Tierhalter, wobei die Büffelhaltung, entweder als alleinige Tierart oder in Verbindung mit anderen Tierarten wie Rindern oder Ziegen etc. den größten Anteil ausmachte (86 % der Studienteilnehmer). Die Landwirte im Studiengebiet waren vielfältigen Herausforderungen ausgesetzt, wobei die Wasserknappheit und daraus folgende Mindererträge als das Hauptproblem (94 % der Studienteilnehmer) dargestellt wurde. Der Mangel an Dünger wurde als zweitwichtigstes Problem innerhalb des Untersuchungsgebietes genannt (55 % der Studienteilnehmer). Ebenso wurde das Marketing als eines der Hauptprobleme von 46,5 % der Studienteilnehmer aufgeführt. Hierauf verwiesen vorwiegend Landwirte, die Zuckerrohr, Rauhfutter und Gemüse anbauten, da für diese Produkte keine festen Preise existieren. Die Entwicklung von Strategien zur Kontrolle von Preisen und Qualitäten bei Saatgut, Pestiziden und Düngern könnten helfen die Situation zu verbessern. Weitere Untersuchungen sind notwendig um die Effizienz der Wasser- und Nährstoffversorgung für eine akzeptable Futterqualität zu identifizieren und damit die Produktivität und den Profit der UPA.

Vor dem Hintergrund der Ergebnisse aus der genannten Bestandesaufnahme erfolgte die Anlage eines Feldexperiments, um (i) die Effekte von Kulturpflanzenart, Typ des Düngers und Höhe der Bewässerung auf den Ertrag zu evaluieren, (ii) die damit verbundene Wassernutzungseffizienz zu ermitteln und (iii) die Beziehungen zwischen Chlorophyllgehalt und Pflanzenertrag als Grundlage für eine einfache sensor-basierten Ertragsschätzung in der Praxis zu eruieren. Die Untersuchung erfolgte über zwei Jahre in Faisalabad, Pakistan, in Form einer Spaltanlage (Split-Plot) mit Kombinationen aus Düngerbehandlung (Kontrolle, Hofdünger (FYM) und mineralischer Dünger (MIN)) und Bewässerung (empfohlene Bewässerungsmenge (RI) und halbierte empfohlene Menge (HRI)) in den Hauptparzellen. Die Unterparzellen wurden zwei Anbausystemen zugeordnet, bestehend aus einer üblichen Variante (CCS: Alexandrinerklee gefolgt von Mais) und einer trockenheitstoleranten Variante (DACs: Hafer gefolgt von Sudangras). Die Kulturen der jeweiligen Variante wurden in zwei aufeinander folgenden Jahreszeiten angebaut (Winter: November – April; Sommer: Mai – August). In den Düngungsvarianten wurden für FYM und MIN jeweils 107 kg N/ha und 26 kg P/ha appliziert. Die Bewässerungsmengen (RI) summierten sich für Alexandrinerklee auf 840mm, für Hafer auf 729mm, für Mais auf 689mm und für Sudangras auf 689mm. Die Halbierung der Bewässerungsmenge (HRI) erfolgte durch eine Doppelung der Pausen

zwischen den Bewässerungsterminen. Die erhobenen Daten wurden mit dem Statistikpaket MSTAT-C unter Berücksichtigung des Spaltanlagendesigns analysiert. Die Ergebnisse zeigten signifikante Effekte der Kulturpflanzen sowohl in Bezug auf die Düngungs- als auch Bewässerungsvarianten. So lag der Jahresertrag im DACS um 14,8 % über dem CCS. Die Ertragsunterschiede waren größer bei der halbierten Bewässerungsmenge (17,8 %) gegenüber der üblichen Variante (11,78 %). Winterkulturen zeigten deutlichere Unterschiede als Sommerkulturen. Unter Berücksichtigung der umweltbedingten Wuchsbedingungen im Verlauf der Untersuchung können zusätzliche Niederschläge von 169 mm im Sommer und 45mm im Winter und zu geringeren Trockenstresseffekten im Sommer beigetragen haben. Effekte der Düngervariante waren sehr ähnlich bei allen Kulturpflanzen und Interaktionen zwischen Kulturpflanzenart und Bewässerung waren zwar signifikant doch von geringer Bedeutung. Kontraste zeigten keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den Düngertypen, gegenüber der Kontrolle jedoch einen Ertragsanstieg von 20,9 % (Mittel aus allen Kulturen und Bewässerungsstufen). Düngeeffekte auf den Gesamtjahresertrag waren bei empfohlener Bewässerung im Vergleich zur Kontrolle stärker ausgeprägt (23,3 %), während mit reduzierter Bewässerung der Unterschied nur bei 18,4 % lag. Die Wassernutzungseffizienz (IWUE) gibt Auskunft über die Effizienz der Kulturpflanzen diese essentielle Ressource nutzen zu können. Der Zusammenhang zwischen Kulturfrucht und der IWUE war in der vorliegenden Studie grundsätzlich signifikant und interagierte sowohl mit dem Dünge- als auch den Bewässerungseffekt. Der Effekt der Anbausysteme war gleichgerichtet, d. h. DACS war effizienter als CCS aber ausgeprägter im HRI ($0.61 \text{ kg TM m}^{-3}$) als im RI ($0.29 \text{ kg TM m}^{-3}$). Die IWUE im bezogen auf das gesamte Jahr war beim DACS 22 bzw. 28% höher als beim CCS unter jeweils RI bzw. HRI Bedingungen. Düngeeffekte waren sehr ähnlich in beiden Kulturen, obwohl auch signifikante Interaktionen auftraten. Die IWUE der gedüngten Varianten war signifikant höher als in der Kontrolle, d. h. 17,9 % im CCS und 22,3 % im DACS. Bewässerungseffekte zeigten in unserer Studie über alle Behandlungen die gleichen Tendenzen. CCS und DACS waren unter HRI 63,7 % bzw. 74,4 % effizienter als unter RI. Daraus lässt sich schlussfolgern, dass eine Verlängerung des Bewässerungsintervalls zu einer effizienteren Nutzung des zur Verfügung stehenden Wassers führen würde. Im Hinblick darauf, dass der passende Bewässerungszeitpunkt vom Niederschlag und anderen Umweltfaktoren abhängt, sollte er auf die lokalen Bedingungen abgestimmt werden. Die Zusammenhänge zwischen den

Trockenmasseerträgen und den relativen SPAD-Gehalten wurden untersucht. Dabei wurde ein positiver linearer Zusammenhang mit einem R^2 zwischen 0,63 und 0,96 gefunden, der auf eine proportionale Zunahme des Blattgrüns während des Wachstums der Kulturpflanzen hindeutet.

Die Proben des Feldexperiments wurden auch verwendet, um die Futterqualität der Kulturpflanzen zu untersuchen. Die Hauptanliegen der Studie waren i) den Effekt von Pflanzenart, Dünger und Bewässerung auf die Nährstoffqualität zu bewerten und ii) die Wasserverbrauchseffizienz (IWUE) in Bezug auf die Produktion von Rohprotein (CP) und Kaloriengehalt (ME) pro Einheit Bewässerungswasser zu ermitteln. Die Proben wurden randomisiert auf einer Fläche von 0,25 m² genommen und 500g Rohmaterial wurde für 48 h bei 55°C getrocknet. Anschließend wurden 20 g jeder getrockneten Probe mit einer Cyclotec-Mühle (FossTecator AB, Höganäs, Sweden) auf 1 mm gemahlen, um die Nährwerte mit der Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) zu bestimmen. Ausgewählte Proben wurden anschließend nasschemisch analysiert. Die gewonnenen Daten wurden mit dem Software-Paket MSTAT-C unter Beachtung des „Split-plot designs“ des Experiments ausgewertet. Die Qualitätsmerkmale wurden signifikant durch Düngung, Bewässerung und Kulturpflanzenart beeinflusst, während Interaktionen meist nicht signifikant oder widersprüchlich von geringer Bedeutung waren. Es konnte kein signifikanter Effekt von Düngung und Bewässerung auf den CP-Gehalt nachgewiesen werden, demgegenüber wurde ein signifikanter Einfluss ($P < 0.05$) der Pflanzenarten festgestellt, der in beiden Jahreszeiten nachgewiesen werden konnte und einen Großteil der Gesamtvariation abdeckte. Bezogen auf die ganzjährigen Anbausysteme zeigte das CCS eine um 44% höhere CP-Konzentration in der Trockenmasse als das DACS. Der durchschnittliche CP-Gehalt wies im CCS mit 130,4 g/kg eine hohe Futterqualität auf und erreichte mit 90,3 g/kg beim DACS ein ausreichendes Qualitätsniveau. Die Wassernutzungseffizienz der Bewässerung zur Proteinproduktion (IWUE-CP) beschreibt den CP-Ertrag von Pflanzen bezogen auf eine definierte Landfläche bei einer festgelegten Wassermenge. Alle Behandlungen zeigten signifikante Effekte ($P < 0.05$) hinsichtlich der IWUE-CP bei den Winterkulturen und Sommerkulturen sowie bei ganzjähriger Betrachtung der Anbausysteme. IWUE-CP war auf gedüngten Flächen 24, 22 und 23% höher als auf ungedüngten Flächen bei differenzierter Betrachtung von Winter (24 %), Sommer (22 %) und des ganzen Jahres (23 %). Keine signifikanten Unterschiede

($P < 0.05$) konnten zwischen den beiden Düngungsverfahren gefunden werden. Bezogen auf die Bewässerungsvarianten lag IWUE-CP bei HRI um 75 % (Winter), 69 % (Sommer) bzw. 69 % (ganzjährig) höher als bei RI. CCS war bezogen auf das gesamte Jahr um 13% effektiver als DACS. Bei einem höheren Trockenmasseertrag des DACS und höheren CP-Gehalten des CCS lagen die CP-Erträge auf nahezu gleichem Niveau. Die Unterschiede der Wassernutzungseffizienz waren daher dominierend geprägt durch die Mengen des verfügbaren Wassers. ADF macht den schwer verdaulichen Teil bei Futtermitteln aus und wird häufig verwendet, um die Futtermittelqualität zu bestimmen. Die Varianzanalyse zeigte keine Effekte von Düngung und Bewässerung auf die Konzentration dieser Komponente, während Pflanzeneffekte in Winter, Sommer und ganzjährig signifikant waren ($P < 0.05$). Die durchschnittlichen ADF-Gehalte der Anbausysteme zeigten mit 337,6 g/kg im CCS und 366,6 g/kg im DACS ein gutes Qualitätsniveau. Die verdauliche Energie (ME) ist der wichtigste limitierende Faktor in der Milchviehernährung. Düngungs- und Bewässerungseinflüsse auf ME waren bezogen auf die Winterkulturen und die Anbausysteme nicht signifikant. Sommerkulturen zeigten dagegen einen signifikanten Einfluss der Bewässerung auf ME. ME lag bei HRI um 1,1% höher als bei RI, aber der Effekt im statistischen Model war gering und trug nur zu 5 % zur gesamten Variabilität bei. Bezogen auf den Gesamtjahreszeitraum lag der ME-Gehalt im DACS 9,5% über dem des CCS. Die Wassernutzungseffizienz der Bewässerung zur Produktion der verdaulichen Energie (IWUE-ME) beschreibt den ME-Ertrag von Pflanzen bezogen auf eine definierte Landfläche bei einer festgelegten Wassermenge. Die Ergebnisse der ANOVA für IWUE-ME zeigte signifikante Unterschiede für alle Haupteffekte und Interaktionen der Varianten in Sommer- und Winterkulturen, als auch für die auf das ganze Jahr bezogenen Anbausysteme. Vergleiche zeigten, dass IWUE-ME in gedüngten Varianten um 21 % (Winter), 19 % (Sommer) bzw. 20 % (ganzjährig) höher war als in den ungedüngten Varianten. Unterschiede zwischen den zwei Düngungsverfahren waren dagegen nicht signifikant ($P < 0.05$). IWUE-ME bei reduzierter Bewässerung war 80 % (Winter), 60 % (Sommer) bzw. 70 % (ganzjährig) höher als bei empfohlener Bewässerung. Im DACS lag IWUE-ME um 46 % (Winter), 33 % (Sommer) bzw. 38 % (ganzjährig) höher als beim CCS, begründet sowohl in höheren Biomasseerträgen als auch ME-Gehalten.

Aus den Ergebnissen der Studie kann geschlossen werden, dass die Implementierung des trockentoleranten Anbausystems in Pakistans Landwirtschaft zu einer effizienteren und nachhaltigeren Futtermittelproduktion beitragen und gleichzeitig den Profit der Landwirte verbessern kann.