



N-Aufnahme durch Kartoffeln und N_{\min} -Gehalte des Bodens

Ulrich WALTHER, Franz Xaver SCHUBIGER und Friedrich JÄGGLI, Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Pflanzenbau, Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich

Die Stickstoffaufnahme der Kartoffeln ist bis zu einer Staudenhöhe von 10 cm sehr gering. Anschliessend ist sie während fünf bis sechs Wochen sehr intensiv und der N_{\min} -Gehalt des Bodens nimmt entsprechend ab. Nach dieser Periode ist die N-Aufnahme oft geringer als die N-Mineralisierung des Bodens, und der N_{\min} -Gehalt des Bodens steigt an.

Bei der Eichung der N_{\min} -Methode im Kartoffelbau (Walther und Maag 1990) wurden im Hinblick auf eine bessere N-Ausnutzung zwei auf dem N_{\min} -Gehalt des Bodens (0 - 60 cm) zum Zeitpunkt der Haupt-N-Gabe basierende N-Düngungssysteme miteinander verglichen. Das System «Haupt-N-Gabe bei einer Staudenhöhe von 10 bis 15 cm» erwies sich dabei dem System «Haupt-N-Gabe bei der Pflanzung» als deutlich überlegen. Die Wahl des späteren N_{\min} -Untersuchungs- und N-Düngezeitpunktes wurde ohne eingehende Kenntnisse des zeitlichen Verlaufs der N-Aufnahme festgelegt. Dies führte in der Praxis zu grösseren Unsicherheiten über die Richtigkeit dieses Termins. Auf Anregung und in Zusammenarbeit mit verschiedenen Beratungsstellen wurden daher entsprechende Versuche durchgeführt.

Die N-Aufnahme beginnt sehr langsam

Die Stickstoffaufnahme vor dem Stadium «Stauden 10 cm» (2. Punkt der Kurve «N-Entzug Kraut und Knollen» in den Abb. 1 und 2) ist gering und beträgt im Durchschnitt aller Versuche lediglich 12 kg N/ha. Diese geringe N-Menge dürfte stets aus den Reserven der Mutterknollen (15 bis 25 kg N/ha) und aus der natürlichen Stickstoffmineralisierung des Bodens in der obersten Bodenschicht zur Verfügung stehen. Deutlich vor diesem Stadium ausgebrachte N-Gaben sind demnach unnötig und unterliegen starker Auswaschungsgefahr.

N-Angebot bei «Stauden 10 cm» beeinflusst Ertrag

In sechs Versuchen wurde ein Knollenertrag von mehr als 410 dt/ha erreicht, der

durchschnittliche Ertrag betrug 458 dt/ha. In diesem Teil der Versuche (Abb.1) lag die Summe des N_{\min} -Gehaltes des Bodens (0 bis 60 cm) im Stadium «Stauden 10 cm» und der N-Düngung zu diesem oder einem späteren Zeitpunkt zwischen 169 und 286 kg N/ha. Der N_{\min} -Gehalt des Bodens sank im Verlaufe der Vegetation auf 30 bis 50 kg N/ha ab. Im Versuch 90C war dies nicht der Fall, da im Stadium «Stauden 10 cm» zu einem N_{\min} -Gehalt von 286 kg N/ha unnötigerweise noch 50 kg N/ha gedüngt wurde. Das zu hohe N-Angebot konnte von den Kartoffeln nicht genutzt werden. Im Versuch 92D wurden 20 Tage vor der Pflanzung 50 kg N/ha verabreicht (Tab.1). Dies führte zu einem sehr hohen N_{\min} -

Gehalt bei der Pflanzung. Bis zum Auflaufen der Kartoffeln ging jedoch ein grosser Teil dieses unzeitig gedüngten Stickstoffs verlustig. In beiden Versuchen (90C und 92D) hätten sich durch folgende, seit Jahren empfohlene N-Düngung, grössere umweltbelastende N-Verluste vermeiden lassen:

Verzicht auf die N-Gabe vor beziehungsweise zur Pflanzung und gezielt nach dem N_{\min} -Gehalt des Bodens im Stadium «Stauden 10 cm» düngen. Der Anstieg des N_{\min} -Gehaltes während der Vegetationszeit im Versuch 91D dürfte mit dem höheren Humusgehalt (Tab. 2) in Zusammenhang stehen.

In sechs Versuchen wurden Knollenerträge von teilweise deutlich unter 410 dt/ha geerntet. In dieser Gruppe (Abb. 2) fällt auf, dass das N-Angebot im Stadium «Stauden 10 cm» meistens deutlich geringer ist als in der Gruppe mit den höheren Erträgen. In zwei Versuchen (90D und



Die Stickstoffdüngung zu Kartoffeln sollte bis zum Stadium «Stauden 10 cm» sehr zurückhaltend sein, um Nitrat-Verluste zu vermeiden. (Bild: G. Brändle, FAL)

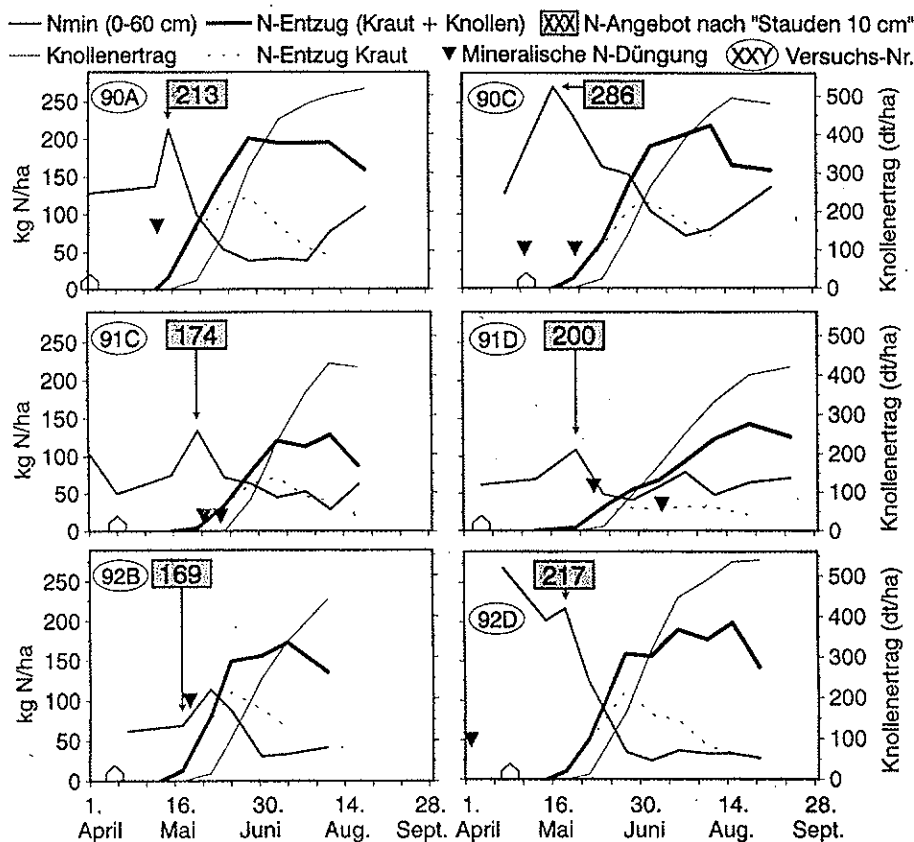


Abb. 1. N-Düngung, N-Angebot im Stadium «Stauden 10 cm» (N_{min} in diesem Stadium + N-Düngung zu diesem Stadium oder später), Verlauf der N-Aufnahme durch die Kartoffeln und des N_{min} -Gehaltes des Bodens. 6 Versuche mit einem Knollenertrag über 410 dt/ha.

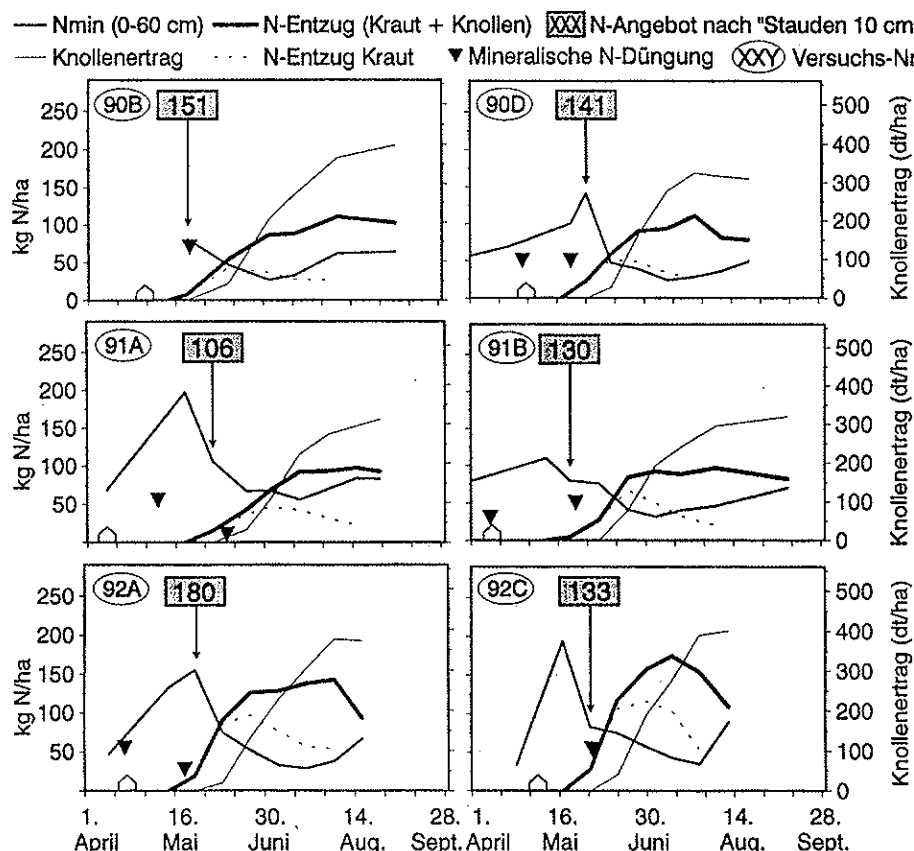


Abb. 2. N-Düngung, N-Angebot im Stadium «Stauden 10 cm» (N_{min} in diesem Stadium + N-Düngung zu diesem Stadium oder später), Verlauf der N-Aufnahme durch die Kartoffeln und des N_{min} -Gehaltes des Bodens. 6 Versuche mit einem Knollenertrag von weniger als 410 dt/ha.

91B) entspricht die Zunahme des N_{min} -Gehaltes kaum der N-Düngung zur Pflanzung; die fehlenden N-Mengen sind durch umweltbelastende Verluste zu erklären. In weiteren Versuchen (91A und 92C) ist die Abnahme des N_{min} -Gehaltes vom Auflaufen bis zum Stadium «Stauden 10 cm» deutlich grösser als die N-Aufnahme durch die Pflanzen. Auch in diesen Fällen gingen grössere mineralische Stickstoffmengen im Zeitraum von der Pflanzung bis zum Stadium «Stauden 10 cm» durch Auswaschung und/oder Denitrifikation verloren. In dieser zweiten Gruppe wurde in keinem Versuch nach dem Stadium «Stauden 10 cm» Stickstoff gedüngt. Die Zunahme des N-Entzugs durch die Kartoffeln entspricht in allen Versuchen, unter Beachtung der N-Gaben im Stadium »Stauden 10 cm«, der Abnahme des N_{min} -Gehaltes des Bodens. Die Knollenertragsbildung ist aufgrund der kleineren zur Verfügung stehenden Stickstoffmenge reduziert; der durchschnittliche Knollenertrag liegt lediglich bei 342 dt/ha. Die Hauptgründe für die geringeren Erträge in der zweiten Gruppe sind die folgenden: Geringerer N_{min} -Gehalt des Bodens im Frühjahr, in mehreren Versuchen N-Gaben vor dem Auflaufen, grössere Stickstoffverluste in der Periode Auflaufen bis «Stauden 10 cm» und daraus folgend ein geringeres N-Angebot (N_{min} + N-Düngung) im und nach dem Stadium «Stauden 10 cm».

Zwischen dem N-Angebot im Stadium «Stauden 10 cm» (N_{min} -Gehalt in den obersten 60 cm des Bodens + Summe der N-Düngung zu diesem oder einem späteren Zeitpunkt) und dem Knollenertrag aller Versuche besteht eine relativ enge Beziehung (Abb. 3). Dabei darf jedoch nicht vergessen werden, dass ein ausreichendes N-Angebot zum optimalen Zeitpunkt keine Garantie, aber eine Voraussetzung für hohe Erträge darstellt. Das Ertragsniveau wird selbstverständlich auch durch andere Faktoren wie Witterung, Sorte und Bodeneigenschaften beeinflusst.

Intensität der N-Aufnahme, N-Mineralisierung

Die Intensität der N-Aufnahme ist in den zwei Gruppen von Versuchen, aufgrund des unterschiedlichen N-Angebotes im Zeitraum vier bis sechs Wochen nach dem Stadium «Stauden 10 cm», sowohl mengenmässig als auch zeitlich unterschied-

Versuchsdurchführung und Standortbeschreibung

Die Versuche wurden in einer randomisierten Blockanlage mit fünf Wiederholungen angelegt. Die einzelnen Verfahren entsprachen den verschiedenen Ernteterminen. Die Parzellengröße betrug 24 m² (4 Reihen zu 8 m), die Erntefläche 9 m² (2 Reihen zu 6 m Länge). Die Sortenwahl und Stickstoffdüngung (Tab. 1) sowie die übrige Bewirtschaftung erfolgte betriebsüblich. Der N_{min}-Gehalt des Bodens wurde im Frühjahr, bei der Pflanzung, beim Auflaufen sowie ab einer Staudenhöhe von 10 cm 14-tägig in folgenden Schichten untersucht: Im Damm sowie 0 bis 20, 20 bis 50 und 50 bis 90 cm unter dem Damm. Bei ausgebnetem Damm entspricht die Summe der Gehalte im und 0 bis 20 cm unter dem Damm etwa der üblichen Schicht von 0 bis 30 cm, die Schichten 20 bis 50 beziehungsweise 50 bis 90 cm unter dem Damm denjenigen von 30 bis 60 beziehungsweise 60 bis 100 cm. Die N_{min}-Proben der einzelnen Parzellen (1 Loch pro Parzelle) wurden zu einer Mischprobe vereinigt. Der Skelettgehalt des Bodens wurde mittels Zylinderproben (2,5 Liter) in fünffacher Wiederholung pro Versuch ermittelt. Ab einer Staudenhöhe von 10 cm wurden das Kraut und die Knollen geerntet und ihre Gehalte an Trockensubstanz, Kjeldahl-Stickstoff, Nitrat, Phosphor, Kalium und Stärke (nur Knollen, mit Hilfe des Unterwassergewichtes) bestimmt. Insgesamt wurden während drei Jahren an sechs verschiedenen Orten zwölf Versuche durchgeführt. Die durchschnittlichen Niederschläge an den Versuchsorten betragen 900 bis 1200 mm pro Jahr beziehungsweise je etwa 100 mm in den Monaten April, Mai und Juni. Die Bodenverhältnisse sind in Tabelle 2 enthalten.

Tab. 1. Angebaute Sorten, Pflanzdaten und Stickstoff-Düngung in den einzelnen Versuchen

Versuchs-Nr.	Jahr	Sorte	Pflanzdatum	1. N-Gabe Datum	kg N/ha	2. N-Gabe Datum	kg N/ha
90 A	1990	Eba	2. April	7. Mai	84	-	0
90 B	1990	Desiree	30. April	23. Mai	70	-	0
90 C	1990	Eba	4. Mai	3. Mai	53	29. Mai	53
90 D	1990	Urgenta	30. April	28. April	50	22. Mai	50
91 A	1991	Desiree	11. April	7. Mai	55	11. Juni	15
91 B	1991	Desiree	12. April	11. April	30	25. Mai	50
91 C	1991	Nicola	16. April	1. Juni	20	10. Juni	20
91 D	1991	Urgenta	10. April	7. Juni	60	12. Juli	35
92 A	1992	Desiree	22. April	21. April	55	21. Mai	27
92 B	1992	Desiree	14. April	20. Mai	100	-	0
92 C	1992	Nicola	5. Mai	30. Mai	54	-	0
92 D	1992	Agria	24. April	4. April	50	-	0

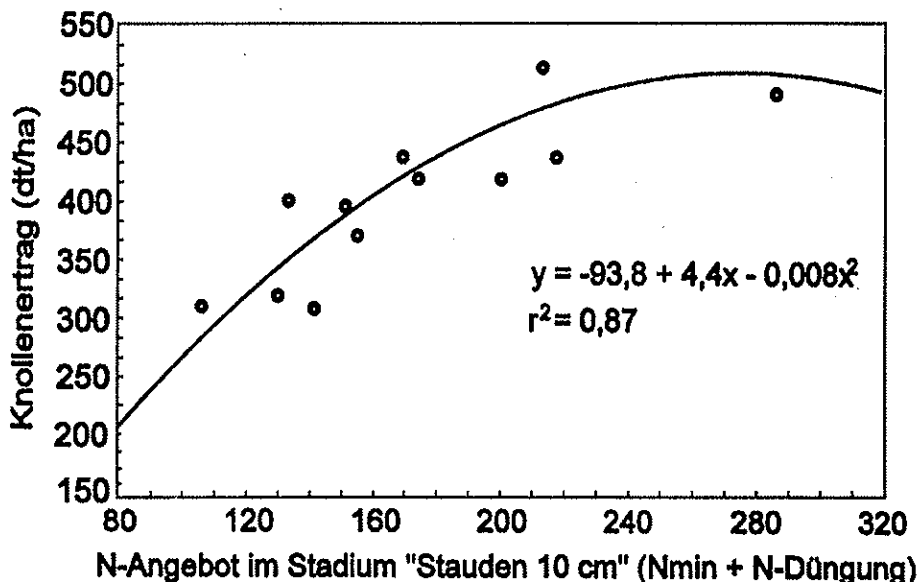


Abb. 3. Zusammenhang zwischen dem N-Angebot im Stadium «Stauden 10 cm» (N_{min} bei einer Staudenhöhe von 10 cm + N-Düngung in diesem Stadium + N-Düngung zu einem späteren Zeitpunkt) auf den Knollenertrag.

Tab. 2. Skelett-, Humus-, Ton- und Schluffgehalte in 0 bis 30 cm Tiefe der Versuchsstandorte

Versuchs-Nr.	Skelett (Vol.%)	Humus (%)	Ton (%)	Schluff (%)
90 A	1,1	4,2	30,8	28,3
90 B	0,3	2,2	15,8	20,7
90 C	4,2	3,6	22,0	31,1
90 D	4,0	3,3	20,8	36,4
91 A	0,6	2,3	17,6	41,8
91 B	0,1	1,6	11,0	17,5
91 C	4,5	2,8	20,0	32,9
91 D	8,4	6,0	25,8	33,0
92 A	0,5	2,5	17,4	40,7
92 B	0,1	2,4	13,6	19,7
92 C	1,6	3,6	17,8	32,6
92 D	2,0	3,1	22,5	30,9

lich. Bei den höheren Erträgen (Abb.1) wurden während 29 Tagen nach dem Stadium «Stauden 10 cm» durchschnittlich 3,9 und während der anschließenden 14 Tage 1,9 kg N/Tag aufgenommen. Bei den tieferen Erträgen (Abb. 2) waren es während 31 Tagen nach dem Stadium «Stauden 10 cm» täglich lediglich 2,9 kg, anschließend nahmen die Kartoffeln in dieser zweiten Gruppe infolge Erschöpfung des Bodenvorrates praktisch keinen Stickstoff mehr auf. Dies bedeutet, dass die Mineralisierung von bodenbürtigem Stickstoff während der Krautwachstumsphase nur gering war. Während der Abreifephase im August stieg der N_{min}-Gehalt des Bodens infolge Mineralisierung dagegen oft mehr oder weniger stark an (Abb.1 und 2).

Gehalte in Stauden und Knollen

In Abbildung 4 ist die Entwicklung des Krautertrages sowie verschiedener Gehalte des Krautes im Durchschnitt von je sechs Versuchen mit Erträgen über 410 beziehungsweise unter 410 dt/ha dargestellt. Folgende markante Unterschiede zwischen den zwei Ertragsgruppen sind festzuhalten: In der Gruppe mit geringerem Ertrag ist der Krautertrag kleiner und nimmt schneller ab, der Anstieg des Trockensubstanzgehaltes erfolgt früher, die Gehalte an organischem Stickstoff (Kjeldahl-N) und Nitrat sind während 60 Tagen nach dem Stadium «Stauden 10 cm» stets mindestens 5 bis 10 g/kg TS tiefer. Die Gehalte in den Knollen (Abb. 5) verändern sich unabhängig bei beiden Ertragsniveaus 55 Tage nach dem Stadium «Stauden 10 cm» kaum noch. Wäh-

rend der Nitratgehalt der Knollen beim höheren Ertragsniveau stets leicht über demjenigen beim geringeren Ertragsniveau liegt, trifft dies für den Gehalt an organischem Stickstoff nur für den Zeitraum 15 bis 42 Tage nach dem Stadium «Stauden 10 cm» zu. Trockensubstanz- und Stärkegehalt liegen beim höheren Ertragsniveau nach 70 Tagen nach dem Stadium «Stauden 10 cm» leicht über demjenigen der Gruppe mit geringerem Ertrag. Nebst dem Einfluss des Stickstoffangebotes könnte dies auch auf das unterschiedliche Sortenspektrum in den zwei Gruppen (Tab.1) zurückzuführen sein.

Folgerungen für die Praxis

Der Verlauf der N-Aufnahme der Kartoffeln bedingt aus ökologischen, aber auch aus agronomischen und ökonomischen Gründen folgende Strategie der Stickstoffdüngung: Auf N-Gaben vor oder zur Pflanzung ist zu verzichten, oder sie sind mindestens sehr zurückhaltend (maximal 20 bis 30 kg N/ha) zu bemessen, da die Gefahr von Nitrat-Verlusten bis zum Stadium «Stauden 10 cm» gross ist. Das N-Angebot (N_{min} + N-Düngung) in der Bodenschicht 0 bis 60 cm Tiefe zum Zeitpunkt «Stauden 10 cm» sollte etwa 200 kg N/ha betragen. Grössere eventuell notwendige N-Gaben sind aufzuteilen und können teilweise auch nach dem Stadium «Stauden 10 cm» verabreicht werden.

DANK

Die Versuche wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen kantonalen Beratungsstellen durchgeführt. Die Auswahl der Felder, die laufenden Ernten und die N_{min} -Probenahmen erfolgten durch die Berater, die Analysen und Auswertungen durch die FAL. Für die angenehme Zusammenarbeit danken wir allen Beteiligten ganz herzlich.

LITERATUR

Walther U. und Maag W., 1990. Ertrag und Qualität von Kartoffeln in Abhängigkeit des N_{min} -Gehaltes des Bodens sowie des Zeitpunktes und der Höhe der Stickstoffdüngung. I. N_{min} -Gehalte des Bodens und Ertrag. *Landw. Schweiz* 3, (6), 323-330. II. Qualität der Knollen. *Landw. Schweiz* 3, (10), 567-575.

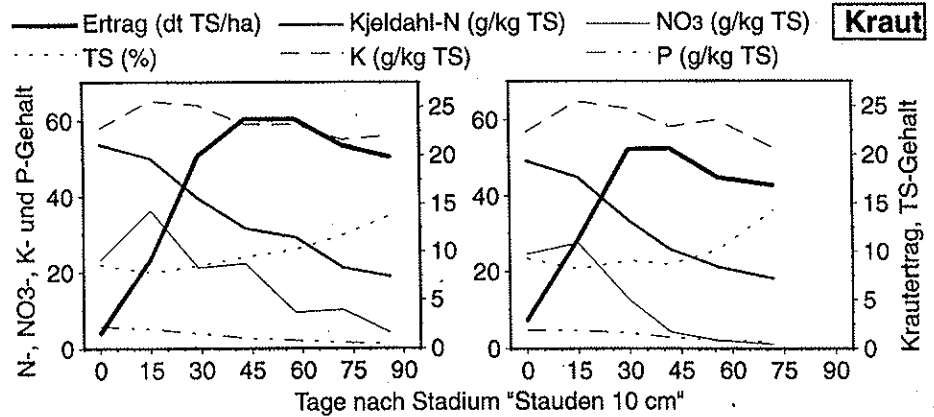


Abb. 4. Entwicklung des Krauttrages sowie der Gehalte an Trockensubstanz (TS), Kjeldahl-Stickstoff, Nitrat, Kalium und Phosphor von Kartoffelkraut vom Stadium «Stauden 10 cm» (Beginn der Kurve) bis zur Krautzerstörung (Ende der Kurve). Links: Durchschnitt von 6 Versuchen mit einem Knollenertrag über 410 dt/ha. Rechts: Durchschnitt von 6 Versuchen mit einem Knollenertrag unter 410 dt/ha.

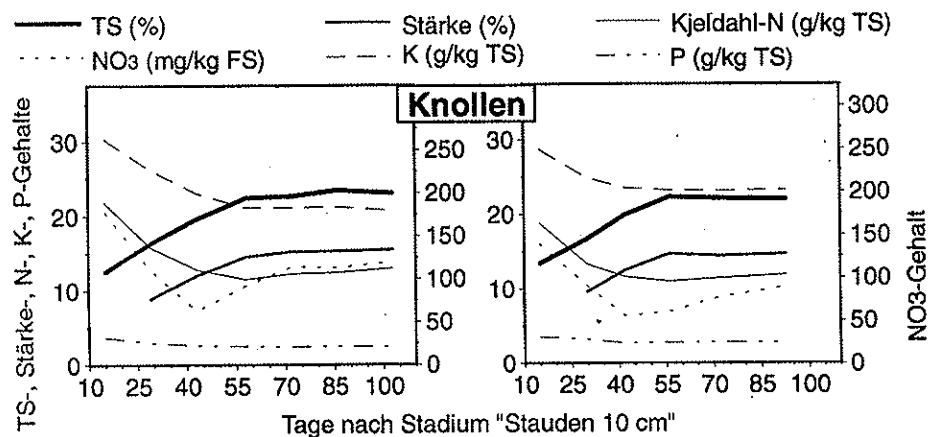


Abb. 5. Entwicklung der Gehalte an Trockensubstanz (TS), Stärke, Kjeldahl-Stickstoff, Nitrat, [in der Frischsubstanz (FS)], Kalium und Phosphor von Kartoffelknollen nach dem Stadium «Stauden 10 cm» (Beginn der Kurve) bis zur Knollenernte (Ende der Kurve). Links: Durchschnitt von 6 Versuchen mit einem Knollenertrag über 410 dt/ha. Rechts: Durchschnitt von 6 Versuchen mit einem Knollenertrag unter 410 dt/ha.

RÉSUMÉ

Prélèvement d'azote par les pommes de terre et teneurs en azote minéral du sol (N_{min})

Jusqu'à ce que les fanes atteignent une hauteur de 10 cm, le prélèvement d'azote par les pommes de terre est très faible. Durant les cinq à six semaines qui suivent, il devient très intense et la teneur en N_{min} du sol baisse de manière conséquente. Après cette période, le prélèvement d'azote est souvent plus faible que la minéralisation de l'azote du sol et la teneur en N_{min} augmente. Cette évolution du prélèvement d'azote définit la stratégie de fumure azotée suivante: il faut renoncer aux apports d'azote avant ou au moment de la plantation, ou alors effectuer des apports très limités (au maximum 20 à 30 kg N/ha) car, jusqu'au stade «fanés 10 cm» le risque de pertes en nitrates est élevé. Au moment où les fanes atteignent 10 cm, l'offre en azote (N_{min} + fumure N) dans la profondeur de sol 0 à 60 cm, doit être d'environ 200 kg/ha. D'éventuels apports d'azote plus importants peuvent être fractionnés et partiellement effectués après le stade «fanés 10 cm».

SUMMARY

Nitrogen uptake by potatoes and mineral nitrogen contents of the soil (N_{min})

Nitrogen uptake of potatoes is very small up to a plant height of 10 cm. Then it is very intense during a period of five to six weeks and the N_{min} -content of the soil is reduced accordingly. After this period, N-uptake is often smaller than N-mineralization of the soil and the N_{min} -content rises again. This process of N-uptake asks for the following strategy of nitrogen-fertilization: The potential of nitrate-loss is great before the plant height reaches 10 cm. Therefore no nitrogen should be applied before and at planting or amounts should be small (maximum 20 - 30 kg N/ha). The N-supply (N_{min} + N-application) in the soil layer 0 - 60 cm depth should be around 200 kg N/ha at the 10 cm stage. If a great amount of nitrogen is necessary, part of it can be applied after the 10 cm stage.

KEY WORDS: nitrogen, potatoes, uptake, N_{min} , contents, soil, nitrate