



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

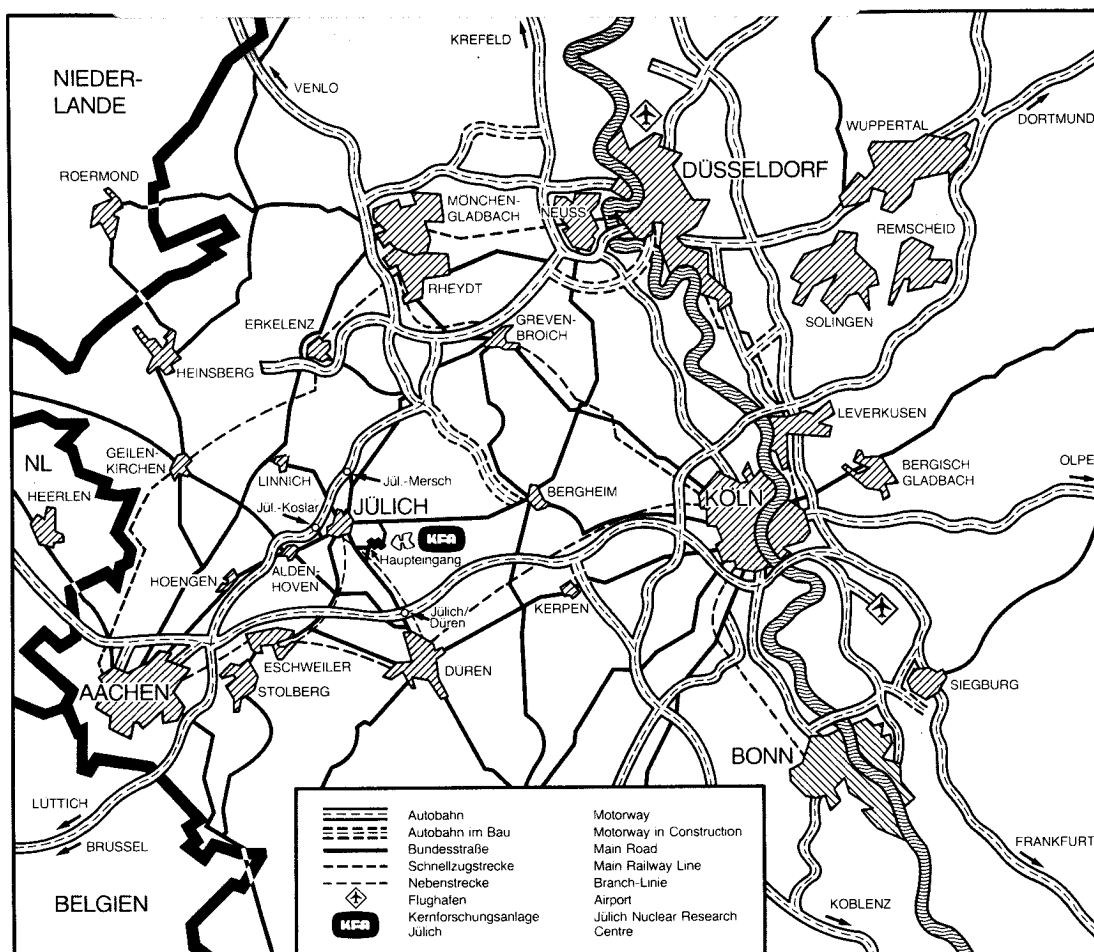
Institut für Radioagronomie

**Aufnahme von (^{14}C)Triadimenol über
Korn und Wurzel nach Flüssigbeizung
von Wintergerste:
Einfluß von Bodenfeuchte und Saattermin
auf Radioaktivitätsverteilung und
Wirkstoffgehalt in Pflanze und Boden**

von

Michael Schneider

Jül-2253
Dezember 1988
ISSN 0366-0885



Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 2253

Institut für Radioagronomie Jül-2253

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 02461/610 · Telex: 833556-0 kf d

**Aufnahme von (^{14}C)Triadimenol über
Korn und Wurzel nach Flüssigbeizung
von Wintergerste:
Einfluß von Bodenfeuchte und Saattermin
auf Radioaktivitätsverteilung und
Wirkstoffgehalt in Pflanze und Boden**

von

Michael Schneider

Uptake of [^{14}C]Triadimenol Via Grain and Root After Seed Treatment of Winter Barley with a Flowable Seed Dressing: Influence of Soil Moisture and Sowing Date on the Distribution of Radioactivity and Active Ingredient Content in Plant and Soil

Winter barley seed of the "Vogelsanger Gold" variety was sown in a total of 7 lysimeters after seed treatment with [benzene ring- $\text{U-}^{14}\text{C}$]triadimenol in the formulation as [^{14}C]Baytan 075 FS and [^{14}C]Baytan 25 DS at an early (September 19, 1985 = I) and a late date (October 10, 1985 = II). After both dates of sowing, the FS-treated winter barley developed under 3 different soil moisture conditions. The radioactivity and active ingredient contents in plants and soil were recorded until tillering as a function of low (DRY = TRO), high (MOIST = FEU, 100 mm irrigation) and natural precipitation after sowing (STANDARD = STD). Details on the uptake of radioactivity via grain and roots were quantitatively and qualitatively studied in two further lysimeters, a pot experiment as well as experiments in the growth chamber.

Lysimeter Experiment in the Field (Experiment 1)

1. Treating winter barley seed with [^{14}C]Baytan 075 FS resulted in an asymmetric, i.e. negative skew, frequency distribution of the [^{14}C]triadimenol contents/grain. As a first approximation, this was equivalent to a log-normal distribution. In contrast in the [^{14}C]Baytan 25 DS treated seed lots, the distribution of [^{14}C]triadimenol amongst the individual grains was more homogeneous and corresponded to a normal distribution.
2. There were no systematic differences in the uptake of radioactivity between winter barley treated with [^{14}C]Baytan 075 FS and with [^{14}C]Baytan 25 DS.
3. After early sowing, the development of the winter barley was considerably retarded under high (FEU) and low soil moisture (TRO). After late sowing, plant growth proceeded 2 – 3 times slower than after early sowing but there were no variations in plant development between the three different soil moisture conditions.

4. In spite of the low soil moisture, the TRO plants at tillering (GS 22 – 23) contained, both after early sowing (5.2 %) as well as after late sowing (3.2 %), equally large total amounts of radioactivity as the plants under natural precipitation conditions (4.9 % (STD (I)) or 3.5 % (STD(II)) respectively of the applied radioactivity. After simulated precipitation (FEU), in contrast, the winter barley had significantly lower quantities of ^{14}C in the shoot with 3.1 % (I) and 1.8 % (II) of the applied radioactivity). Until tillering (GS 22 – 23) and irrespective of the precipitation conditions, the primary leaves of the winter barley always contained the highest proportions of ^{14}C -labelled compounds with 43 – 69 % of the total radioactivity in the shoot. The three oldest leaves together had over 80 – 90 % of the total radioactivity.

5. An intensified uptake of radioactivity from the seed treatment zones of neighbouring plants within the seed row only took place after simulated precipitation (FEU). At tillering (GS 22 – 23) this amounted to a maximum of 12 % (I) and 6 % (II) respectively of the total quantity of ^{14}C translocated into the shoot of the FEU plants.

6. At the tillering stage (GS 22 – 23) after both times of sowing differences in the relative content of [^{14}C]triadimenol in the entire barley shoots were detected between the three soil moisture variants. Of the radioactivity in the STD plants, about 64 % could still be identified as the active substance after early sowing and about 48 % after late sowing. On the other hand, after simulated precipitation (FEU) only approx. 25 (I) and 32 % (II) of the radioactivity in the shoots was identified as [^{14}C]triadimenol and after slight precipitation (TRO) approx. 47 (I) and 40 % (II). Irrespective of the date of sowing, the active ingredient concentration in the entire shoot of the STD and TRO plants at tillering (GS 22 – 23) was in the range of 0.4 – 0.5 mg/kg fresh weight, whereas in the FEU plants it was only approx. 0.1 – 0.2 mg/kg fresh weight. After high precipitation, the ratio of the [^{14}C]triadimenol diastereomers A and B in the leaves of the winter barley was altered in favour of [^{14}C]triadimenol B.

7. At the 2 to 3-leaf stage (GS 12 – 13), 15 days after early sowing, the concentrations of active ingredient equivalents in the primary leaf of the TRO plants (approx. 1.8 mg/kg FM) were comparable to or even higher than in the FEU (approx. 1.7 mg/kg FM) and STD plants (approx. 1.2 mg/kg FM). Nevertheless a natural mildew infection of the primary leaf of the TRO plants was already observed. The first symptoms on the FEU and STD plants were discovered about 5 days later. Due to their more rapid

development, the STD plants at that time were already at the tillering stage (GS 21 to GS 22 – 23) whereas the FEU plants were only between GS 12 – 13 and GS 21.

8. Irrespective of the formulation type, 50 – 80 % of the [^{14}C]triadimenol applied with the seed dressing had already been transferred from the caryopses into the surrounding soil between sowing and emergence of the seedlings (GS 10 – 11). Due to the simulated precipitation (FEU) the radioactivity content of the caryopses decreased in the first few days after emergence of the early sown winter barley (GS 10 – 11 to GS 11 – 12) from approx. 31 % to 10 %, and at the same stage of development after late sowing from approx. 41 to 7 % of the applied radioactivity. Irrespective of the date of sowing, at the end of the experiment (GS 22 – 23) only about 1 – 3 % of the applied radioactivity was detectable on or in the caryopses in the FEU variant.

9. Irrespective of the date of sowing, the relative ^{14}C distribution between the individual "compartments" of the caryopses (grain surface, glume, pericarp/testa and endosperm) under STD and TRO conditions remained constant between emergence of the seed (GS 10 – 11) and the 1 to 2-leaf stage (GS 11 – 12). This distribution equilibrium, on the other hand, was altered after simulated precipitation (FEU) by the rapid removal of radioactivity from the caryopses. Irrespective of the sowing date and the precipitation conditions, the radioactivity contents in the endosperm amounted to approx. 1 – 2 % of the applied radioactivity. In one case (FEU, II) 3 % of the applied radioactivity was measured. As an average of the 3 soil moisture variants and the two sowing dates only 58 % of the radioactivity in the endosperm was identified as [^{14}C]triadimenol at GS 10 – 11 and about 65 % at GS 11 – 12. The remaining ^{14}C activity was mainly present in the form of water-soluble metabolites.

10. Between 15 and 31 % of the radioactivity from soil samples of the seed treatment zones was desorbed with distilled water. At GS 10 – 11, 5 – 6 days after early sowing, almost 70 % of the radioactivity from soil samples of the seed treatment zones in the STD and FEU variants was desorbed by 10 repeated desorption steps. Relatively more ^{14}C activity was desorbed from smaller dressing zones with higher active ingredient concentrations than from larger dressing zones with diluted active ingredient concentrations.

At any time the diastereomer ratios in the desorption solutions (1st desorption step) of the treatment zones did not correspond to the relation of 4 (A) : 1 (B) as in the initial

active substance but were rather between 0.7 : 1 and 3.3 : 1. Irrespective of the date of sowing and sampling, under TRO conditions more triadimenol A than triadimenol B was detected at all times. Even at the end of the experiment (22 – 23) the diastereomer relations were approx. 2.5 : 1 (I) or 1.9 : 1 (II). In contrast, as early as 10 days after late sowing (GS 10 – 11) more triadimenol B than triadimenol A was detected from the treatment zones in the desorption solutions in the case of the STD and FEU variants. At the end of the experiment the ratios were only in the region of approx. 0.6 : 1 (STD (I)) and 0.8 : 1 (FEU (I)) or in the region of 0.9 : 1 (STD (II)) and 0.7 : 1 (FEU (II)). Analyses of the active ingredient at the first, second and fifth desorption step of soil samples from the early-sown STD variant showed that already during the course of desorption processes immediately following each other the fraction of the diastereomer A was reduced in favour of water-soluble radioactivity. The fraction of diastereomer B, on the other hand, remained constant.

Detailed Experiments

11. In an outdoor experiment in Kick-Brauckmann pots (*experiment 4*), winter barley treated with [^{14}C]Baytan 075 FS was sown in comparison to the lysimeter experiment 1 (early sowing). The water loss due to evapotranspiration was partly supplemented by watering from above so that from time to time a downward water movement took place. Both the course and also the amount of radioactivity uptake into the winter barley shoot was largely in agreement with the results of the FEU variant from the lysimeter experiment.

12. The uptake of radioactivity via grain and roots was quantitatively studied in two complementary experiments (*experiments 2 and 3*).

Removal of the caryopses shortly after the emergence (GS 10 – 11, 12 days after sowing) of [^{14}C]Baytan 075 FS treated winter barley led to significantly lower shoot fresh weights and radioactivity contents (1.1 %) of the seedlings at the one-leaf stage (GS 11), 28 days after sowing, in comparison to control plants with caryopses (1.6 % of the applied radioactivity). However, relative to the fresh weight of the shoots the differences in radioactivity uptake were not significant. A later section of the caryopses did not provide significant differences between plants with and without caryopses with respect to shoot weight and radioactivity contents.

Until tillering (GS 21) ^{14}C uptake via the root from the plant's own treatment zone contributed only about 23 % to the overall uptake of radioactivity (2.5 % of the applied radioactivity) into the winter barley shoot. If on the other hand additional radioactive compounds were taken up from the treatment zone via the caryopsis and via the basal parts of the shoot and root then approx. 54 % of the total ^{14}C uptake entered into the plants via these paths.

13. At the one-leaf stage (GS 11) about 4 – 6 % of the radioactivity present in the shoot at this time was excreted with a single guttation droplet. Approx. 4/5 of this was represented by [^{14}C]triadimenol with a diastereomer ratio A : B of 11 : 1.

14. Growth chamber experiments (experiment 5) demonstrated that radioactivity is taken up into the shoot via the [^{14}C]Baytan 075 FS treated grain and after basipetal translocation may be discharged via the roots.

With winter barley grown in nutrient solution the uptake of radioactivity into the shoot until tillering (GS 21) amounted to 1.7 %, and with winter barley grown in sand or soil to a maximum of 2.3 or 1.6 % of the applied radioactivity (experimental approach A). If uptake via basal shoot and root parts was not possible (experimental approach B) then the uptake of radioactivity into winter barley grown in sand dropped to approx. 0.8 % or if grown in soil to approx. 1.0 % of the applied radioactivity.

If the winter barley was grown in nutrient solution then until tillering (21) a total of approx. 1.5 % of the applied radioactivity was translocated basipetally and largely released into the nutrient solution. About 80 % of the total excretion is already discharged by the plants up to the one-leaf stage (GS 11). In the case of winter barley grown in sand or soil, irrespective of any possible ^{14}C uptake via the basal shoot and root parts (experimental approaches A and B respectively) on average only about 0.2 – 0.3 % of the applied radioactivity was translocated basipetally so that barely 1/3 of the quantity of ^{14}C translocated into the shoot was present in the roots and the rooting zone.

With increasing growth of the winter barley the active ingredient fraction in the excreted radioactivity was reduced. Nevertheless up to tillering more than 70 % of the dichloromethane-soluble ^{14}C activity in the nutrient solution and in the sand was identified as [^{14}C]triadimenol.

15. The radioactivity uptake in or via caryopses treated with [^{14}C]Baytan 075 FS was studied on the basis of an autoradiographic time series (*experiment 6*). Within 24 hours after the beginning of germination the embryo and scutellum had taken up ^{14}C activity. The testa prevented a rapid penetration of ^{14}C -labelled compounds into the interior of the grain so that the uptake of active ingredient into the starchy endosperm followed the water uptake with a time lag. Even after 72 hours only traces of radioactivity were detected in the endosperm. The ^{14}C -labelled compounds penetrated preferentially into the starchy endosperm at the region of contact between the scutellum basis and the crease. Although radioactivity was found in the entire starchy endosperm at later stages of plant development (GS 11 and GS 12) nevertheless a relative ^{14}C accumulation took place in the pericarp/testa and aleuron tissue.

Conclusions

On the whole, it can be seen from the results of the studies presented here that the largest possible retention of the fungicide triadimenol at the grain increases the chance of subsequent uptake into the shoot of the cereal plants until the beginning of tillering. Although the availability of the active ingredient in the seed treatment zone may be regarded as good nevertheless in the early vegetative development of the seedlings there is a lack of coincidence in space and time between the roots and the supply of active ingredient in the soil of the seed treatment zone. On the one hand, after dilution in the soil due to precipitation triadimenol is only available to an inadequate extent due to the initially low root growth within the treatment zone. On the other hand, in the case of a limited extension of the treatment zone, due for example to drought, the roots rapidly grow out of this zone. This means that the processes in the immediate vicinity of the grain are of decisive significance for early active ingredient uptake.

Although the treated grain represents the active ingredient source nevertheless the results indicate that the uptake of triadimenol with the endosperm reserves does not play the major role in early active ingredient uptake as was previously assumed. In contrast, the shoot and root basal parts seem able to take up higher quantities of active ingredient so that they make an essential contribution towards the triadimenol supply of the plant up to early tillering. This active ingredient intake may possibly function largely independently of a water uptake. The uptake of active ingredient via the grain is also associated with a release of triadimenol via the root. The *Gaeumannomyces* effect of Baytan may possibly be causally related to this excretion.

Apart from the occurrence of less sensitive pathogenic strains, under certain climatic conditions the mildew effect of a seed treatment may be unsatisfactory in spite of comparatively good uptakes. The effects of environmental conditions on the behaviour of host, pathogen and the interaction between the two are still not adequately understood. Extreme climatic conditions such as high temperatures and/or water shortage may probably have a negative influence on the translocation and metabolization of triadimenol in the plant with respect to mildew control. In particular, no comparative information is available on the translaminar active ingredient distribution in leaf tissue and the associated interaction of xylem, mesophyll and epidermis. Since such processes cannot be externally manipulated under the given site conditions, studies of this problem remain in the first instance of theoretical scientific interest. A starting point for the optimization of the Baytan formulation would be an improved adhesion of active ingredient to the grain so that after sowing the residence time of triadimenol in the grain region can be increased as a whole. Furthermore, an important goal in optimizing the application technique is the requirement for a highly homogeneous application of the seed dressing.

1	<u>Einleitung und Problemstellung</u>	1
2	<u>Material und Methoden</u>	4
2.1	Wirkstoff, Formulierung, Beizung	4
2.2	Pflanzen und Boden	6
2.3	Lysimeterversuch mit ungestörten Monolithen im Freiland (Versuch 1)	7
2.3.1	Versuchsaufbau, Lysimeter und Aussaat	7
2.3.2	Simulation von Trockenheit und Niederschlagsereignissen nach der Saat	9
2.3.3	Probenahme und Aufbereitung von Pflanzen, Boden, und Perkolat	12
2.3.4	Fraktionierung der Karyopsen	13
2.4	Lysimeterversuche mit eingefülltem Krumenboden	13
2.4.1	Lysimeterversuch im Freiland (Versuch 2)	14
2.4.1.1	Lysimeter und Aussaat	14
2.4.1.2	Entfernung der Karyopsen	15
2.4.1.3	Probenahme und Aufbereitung von Pflanzen und Perkolat.....	15
2.4.2	Lysimeterversuch im Gewächshaus (Versuch 3)	15
2.4.2.1	Versuchsaufbau, Lysimeter und Aussaat	16
2.4.2.2	Probenahme und Aufbereitung der Pflanzen	17
2.4.2.3	Analyse von Guttationstropfen.....	18
2.5	Gefäßversuch (Versuch 4)	18
2.5.1	Versuchsaufbau, Versuchsgefäße und Aussaat	18
2.5.2	Probenahme und Aufbereitung der Pflanzen	19
2.6	Klimakammerversuche	20
2.6.1	Versuch 5	20

2.6.1.1	Versuchsaufbau, Aussaat, Probenahme und Aufbereitung	20
2.6.1.1.1	Versuch in Nährlösung	20
2.6.1.1.2	Versuch in Sand	24
2.6.1.1.3	Versuch in Boden	26
2.6.2	<i>Versuch 6</i>	26
2.6.2.1	Aussaat	26
2.6.2.2	Probenahme und Aufbereitung	27
2.7	Radioaktivitätserfassung und Wirkstoffbestimmung	27
2.7.1	Veraschung und Radioaktivitätsmessung	27
2.7.2	Extraktion von Pflanzenproben und wäßrigen Lösungen	27
2.7.3	Desorption von Bodenproben	28
2.7.4	Dünnschichtchromatographie	28
2.7.5	Autoradiographie	29
2.7.5.1	Autoradiographie von Dünnschichtchromatographieplatten und ganzen Pflanzen	29
2.7.5.2	Autoradiographie von Kornhälften	29
2.8	Klimadatenerfassung	30
2.9	Datenverarbeitung und Statistik	30
3	<u>Ergebnisse</u>	33
3.1	Radioaktivität am Korn nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS	33
3.2	Radioaktivität und [¹⁴C]Triadimenol in Pflanze und Boden in Abhängigkeit vom Saattermin, der Bodenfeuchte und der Formulierung des Wirkstoffes Freilandlysimeterversuch mit ungestörten Monolithen (<i>Versuch 1</i>)	37
3.2.1	Versuchsbeschreibung	37
3.2.2	Radioaktivitätsbilanzen	37
3.2.3	Ergebnisse nach Beizung mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS	39

3.2.3.1	Witterung, Pflanzenwachstum, Bodentemperatur und Bodenfeuchte.....	39
3.2.3.2	Radioaktivität und Wirkstoff in den Pflanzen	45
3.2.3.2.1	Radioaktivität im Gesamtsproß und in den Wurzeln.....	45
3.2.3.2.2	Wirkstoffäquivalente im Gesamtsproß	48
3.2.3.2.3	Verteilung der Radioaktivität im Gesamtsproß	50
3.2.3.2.4	Radioaktivitätsaufnahme in die einzelnen Blätter nach Frühsaat.....	51
3.2.3.2.5	Radioaktivitätsaufnahme in die einzelnen Blätter nach Spätsaat.....	54
3.2.3.2.6	Wirkstoffäquivalente in den einzelnen Blättern nach Früh- und Spätsaat.....	57
3.2.3.2.7	Radioaktivitätsaufnahme aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen innerhalb der Saatreihe.....	58
3.2.3.2.8	Radioaktivitätsverteilung innerhalb der Blätter	58
3.2.3.2.9	Wirkstoffgehalte in der Pflanze.....	62
3.2.3.3	Mehltaubefall	67
3.2.3.4	Radioaktivität auf bzw. in den Karyopsen, im Boden sowie im Perkolat....	68
3.2.3.4.1	Verteilung der Radioaktivität auf bzw.in den Karyopsen und Wirkstoffgehalt im Endosperm.....	69
3.2.3.5	Erfassung der potentiellen Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Beizhof durch Desorption	77
3.2.4	Ergebnisse nach Beizung mit [¹⁴ C]Baytan 25 DS	86
3.3	Detailversuche zur Bestimmung der Radioaktivitätsaufnahme über Korn und Wurzel in Lysimetern mit eingefülltem Krumenboden.	88
3.3.1	Radioaktivitätsaufnahme über das Korn nach Beizung von Wintergerstensaatgut mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS (<i>Versuch 2</i>)	88
3.3.2	Radioaktivitätsaufnahme über die Wurzel nach Beizung von Wintergerstensaatgut mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS (<i>Versuch 3</i>)	90
3.3.2.1	Ausscheidung von Radioaktivität bzw. Wirkstoff über die Guttation.....	92
3.4	Gefäßversuch zur Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Lysimeterversuchen auf kleinere Versuchseinheiten (<i>Versuch 4</i>)	95

3.5	Wirkstoffaufnahme über bzw. in das Korn und Wirkstoffabgabe über die Wurzel (Klimakammerversuche)	97
3.5.1	Wirkstoffabgabe über die Wurzel nach Beizung von Wintergerstensaatgut mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS (<i>Versuch 5</i>)	97
3.5.1.1	Versuch in Nährlösung	97
3.5.1.2	Versuche in Sand und Boden	100
3.5.2	Verlauf der Radioaktivitätsaufnahme in das Korn nach Beizung von Wintergerstensaatgut mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS (<i>Versuch 6</i>)	101
4	<u>Diskussion</u>	106
4.1	Beizung	106
4.2	Wirkstoffverfügbarkeit	107
4.3	Wirkstoffaufnahme über Wurzel- und Sproßbasis	115
4.4	Wirkstoffaufnahme über das Korn	119
4.5	Wirkstoffverhalten im Sproß	127
4.6	Mehltaubefall	133
4.7	Schlußbetrachtung	136
5	<u>Zusammenfassung</u>	137
6	<u>Literaturverzeichnis</u>	142
7	<u>Tabellenanhang</u>	164

1 Einleitung und Problemstellung

Triadimenol ist ein Azol-Fungizid mit breitem Wirkungsspektrum gegen samen-, wind- und bodenbürtige Krankheiten, das seit seiner Einführung im Jahre 1977 intensiv im Getreidebau eingesetzt wird. Aufgrund seiner systemischen Eigenschaften kann nach einer Saatgutbehandlung u. a. ein Frühbefall mit Mehltau und Rost bekämpft werden (Frohberger, 1978; Kolbe, 1978; Trägner-Born et al., 1978; Steffens et al., 1982; Thielert, 1984; Tischner, 1987).

Aufgrund seiner beiden Chiralitätszentren am C₁- und C₂-Atom des Moleküls besteht der Wirkstoff Triadimenol aus 2 Diastereomeren A und B mit jeweils 2 Enantiomeren 1S, 2R und 1R, 2S sowie 1S, 2S und 1R, 2R. In der jüngeren Vergangenheit wurden die Forschungsschwerpunkte vermehrt auf die unterschiedlichen Wirkungen der Enantiomere verlegt, da sowohl wachstumsregulatorische wie auch fungitoxische Eigenschaften auf einzelne Enantiomere zurückgeführt werden konnten (Burden et al., 1987). Die Diastereomere des technischen Wirkstoffs liegen im Verhältnis 80 (A) : 20 (B) vor. Es ist bekannt, daß das Diastereomer A die höhere Fungitoxizität besitzt. Nach Krämer et al. (1979) sowie Buchenauer et al. (1982 a) liegt die systemische Wirksamkeit von Triadimenol A im Vergleich zum Triadimenol B gegenüber Gerstenmehltau um den Faktor 10 höher.

Die hohe fungitoxische Potenz des Triadimenol zeigt sich auch darin, daß nur ein geringer Anteil des auf der Kornoberfläche haftenden Wirkstoffes aufgenommen und in den Sproß transloziert wird. Bislang wurden bis zur Bestockung des Getreides maximal ca. 8 % der applizierten Wirkstoffmenge im Blattapparat als Triadimenol und Metaboliten wiedergefunden (Förster et al., 1980 a; Steffens et al., 1982; Haque et al., 1983; Thielert, 1984; Thielert et al., 1986; Tischner, 1987). Im Handelspräparat ^RBaytan bestehen nur 40 % des Wirkstoffs Triadimenol aus dem fungitoxisch hochwirksamen 1S, 2R - Enantiomer (Köller, 1987 a; 1987 b). Unter der Prämisse, daß alle Enantiomere im gleichen Verhältnis aufgenommen werden, lägen bei einer angenommenen Ausnutzung von 5 % der applizierten Wirkstoffmenge lediglich 2 % des 1S, 2R-Enantiomers im Sproß der Pflanze vor. Dies würde bei einer mittleren Wirkstoffapplikation von 10 - 20 µg/Korn einer Gesamtaufnahme von nur 0.2 - 0.4 µg dieses Enantiomers entsprechen. Dieser geringe Wirkstoffanteil wird über die gesamte Entwicklungszeit bis hin zur Bestockung in die Pflanze aufgenommen. Da sich Triadimenol verhältnismäßig rasch in den Rand- und Spitzenbereichen der Blätter anreichert, kommt es zu einer stetigen Abnahme der Konzentration in der Blattspreite (Führ et al., 1978; Steffens et al. 1982; Thielert, 1984; Thielert et al., 1986; Kuck et al., 1987). Darüberhinaus wird die Wirkstoffkonzentration durch das zunehmende Pflan-

^R Eingetragenes Warenzeichen der Bayer AG, Leverkusen

zenwachstum weiter verdünnt und außerdem durch Metabolisierung reduziert (Haque et al., 1983; Tischner, 1987).

Aufnahme und Transport werden durch die variierenden Umweltbedingungen mehr oder minder stark modifiziert. So zeigen die experimentellen Ergebnisse von Thielert (1984) und Steffens et al. (1985), daß sowohl die Saatzeit als auch die Niederschlagsverhältnisse nach der Saat einen erheblichen Einfluß auf die Höhe der Wirkstoffaufnahme haben. Nach Spätsaat von [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Winterweizen befanden sich zum Ende der Bestockung (29), 151 Tage nach der Aussaat, nur ca. 3 % der applizierten Radioaktivität im Blattapparat. Durch ca. 280 mm Niederschlag waren nahezu 99 % der applizierten Radioaktivität vom Korn in einem abnehmenden, sphärischen Konzentrationsgradienten in den Umgebungsboden verteilt worden. Jedoch zeigte sich in einem weiteren Experiment, daß trotz hoher Niederschläge (ca. 500 mm), selbst 234 Tage nach der Saat, noch bis zu 60 % der applizierten Radioaktivität in einem Radius von 4 cm unterhalb der Karyopse lokalisiert werden konnten. Aus diesen Beizhöfen deckten benachbarte Getreidepflanzen innerhalb derselben Saatreihe bis zum Ende der Bestockung (29), 151 Tage nach der Saat, über 40 % ihrer gesamten Radioaktivitätsaufnahme. Die hohe Stabilität und geringe Verlagerungsneigung des Triadimenol im Boden machen den Beizhof daher zu einer potentiellen Quelle für die Wirkstoffnachlieferung über die Wurzel (Steffens et al., 1982; Patil et al., 1988).

Der Nachweis von Radioaktivität im Endosperm [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeizter Getreidekaryopsen (Steffens et al., 1982; Thielert, 1984) ließ darauf schließen, daß der Wirkstoff nach Passieren der Randschichten des Kornes *mit* den Endospermreserven aufgenommen wird. Darüberhinaus zeigte Thielert (1984) mit einer speziellen Versuchsanordnung unter kontrollierten Bedingungen und unter Ausschaltung des Bodeneinflusses, daß Weizenkaryopsen nach Trockenbeizung mit [^{14}C]Triadimenol ca. 5 % der applizierten Wirkstoffmenge direkt *über* das Korn aufzunehmen vermögen. Eine Identifizierung der markierten Verbindungen wurde nicht durchgeführt. Unbekannt ist auch, ob und in welcher Größenordnung Radioaktivität bzw. Wirkstoff unter Feldbedingungen *aus* dem Endosperm in den Sproß transloziert werden und wie lange diese Nachlieferung anhält.

Während Steffens et al. (1982) der Wirkstoff-Nachlieferung über die Wurzel das größere Gewicht beimessen, kommt Thielert (1984) zu der Auffassung, daß die Aufnahme in das Korn und damit die Nachlieferung aus den Endospermreserven bedeutsam sei, um eine hohe Aufnahme in den Sproß zu erzielen. Dafür soll eine möglichst lange Verweilzeit des Wirkstoffes auf bzw. in der Karyopse notwendig sein. Diese wird vor allem durch die Höhe und Verteilung der Niederschläge nach der Saat limitiert. Teilaspekte der Versuche von Tischner (1987) zur Bedeutung der Einflußfaktoren auf die Aufnahme, Verteilung und biologische Wirkung von Triadimenol in

Baytan-gebeizten Gerstenbeständen zeigten, daß eine hohe Bodenfeuchte die Aufnahme und Mehltau-Wirkung von Triadimenol erhöht.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, weitere Informationen zur Triadimenol-Aufnahme über Korn und Wurzel in die Getreidekeimpflanzen zu erarbeiten sowie vergleichende Informationen über das Wirkstoffverhalten in Pflanze und Boden unter extremen Witterungsverhältnissen (Trockenheit, Regenperiode) zu liefern. Darüberhinaus wurde die von Thielert (1984) beobachtete Ausscheidung von Wirkstoff oder Metaboliten über die Wurzel quantitativ und qualitativ untersucht.

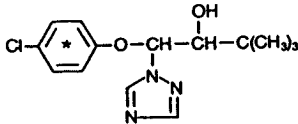
Da bereits in den Dissertationen von Thielert (1984) und Tischner (1987) eine umfassende Darstellung der Literatur zum Wirkstoff Triadimenol erfolgte, wurde in der eigenen Arbeit auf eine weitere einleitende Literaturstudie verzichtet und statt dessen in der Diskussion gezielt auf die einschlägigen Ergebnisse verwiesen.

2 Material und Methoden

2.1 Wirkstoff, Formulierung, Beizung

Alle Versuche wurden mit [benzolring-U-¹⁴C]Triadimenol in einem Diastereomeren-Verhältnis von 79.4 % A : 20.6 % B durchgeführt. Die chemischen und physikalischen Eigenschaften des Wirkstoffes sind in Tab. 1 zusammengefaßt und die Markierungsposition im Molekül (*) angegeben.

Tab. 1: Chemische und physikalische Eigenschaften von Triadimenol (Brennecke, 1984).

Chemische Bezeichnung:	β-(4-Chlorphenoxy)-α-(1,1-dimethyl)-1H-1,2,4-triazol-1-ethanol Gemisch aus Diastereomeren A und B	
Strukturformel und Markierungsposition:		
Summenformel:	C ₁₄ H ₁₈ ClN ₃ O ₂	
Molekulargewicht:	295.8	
Aussehen:	farblose Kristalle	
Schmelzpunkt:	138.2 °C (Diastereomer A) 133.5 °C (Diastereomer B)	
Schmelzpunkt des Eutektikums:	110 °C	
Dampfdruck:	< 10 ⁻⁵ mbar bei 20 °C	
Löslichkeit bei 20 °C:	Wasser	ca. 0.1
(g des technischen	Dichlormethan	100 - 200
Diastereomeren-Gemisches	n-Hexan	0.1 - 1
in 1000 ml Lösungsmittel)	2-Propanol	100 - 200
	Toluol	20 - 50
Hydrolysenstabilität:	bei pH 3 > 1Jahr	
(Halbwertszeit bei 22 °C)	bei pH 6 > 1Jahr	
	bei pH 9 > 1Jahr	

Die spezifische Radioaktivität des nicht formulierten Wirkstoffes betrug 2.58 MBq/mg bzw. 69.76 µCi/mg.

Für die Trockenbeizung stand eine Substanzmenge von 49.3 mg aus Wirkstoff und Formulierungsmitteln mit einer Gesamtradioaktivität von 31.81 MBq bzw. 860 μ Ci zur Verfügung². Dies entspricht einer handelsüblichen 25 DS Formulierung, die mit einer Aufwandmenge von 150 g/100 kg Saatgut entsprechend 37.5 g Triadimenol/100 kg Saatgut eingesetzt wird.

Unter Berücksichtigung eines ca. 10 %igen Wirkstoffverlustes durch Abrieb und Anlagerung an Gefäßwandungen wurden 30 g Wintergerste intensiv mit dem formulierten [¹⁴C]Triadimenol in einem 100 ml-Rundkolben 10 - 15 Minuten auf einem Laborvibrator durchmischt (Thielert et al., 1984). Zur Haftungsverbesserung erfolgte eine Vorbehandlung des Saatgutes mit einer 0.2 %igen wäßrigen Dextrinlösung entsprechend einer Aufwandmenge von 500 ml/100 kg Saatgut.

Für die Flüssigformulierung standen insgesamt 53.5 mg Wirkstoff mit einer Gesamtradioaktivität von 138.09 MBq bzw. 3.73 mCi zur Verfügung. Der Wirkstoff wurde in einem GC-Fläschchen mit 655 mg wirkstofffreier Formulierung versetzt und mit einer Ultraschallsonde (Lab - Sonic 2000, Fa. B. Braun), die durch das Septum des verschlossenen GC-Fläschchens in die Suspension eingetaucht wurde, homogenisiert. Wie mikroskopische Voruntersuchungen gezeigt haben, konnte die Korngrößenverteilung des Wirkstoffes in der Mikroformulierung auf diese Weise der großtechnisch hergestellten FS-Beize angenähert und gleichzeitig eine intensive Durchmischung von Wirkstoff und Formulierung erreicht werden. Aus dieser etwa 7.5 %igen Suspension wurden unter Einberechnung eines 10 %igen Beizverlustes ca. 572 mg in einen 100 ml-Rundkolben eingewogen, gleichmäßig an der Gefäßwandung der unteren Kolbenhälfte verteilt und damit 115 g Wintergerste, wie oben beschrieben, gebeizt. Die nicht-radioaktiven Beizungen erfolgten ebenfalls in Rundkolben mit entsprechenden Handelsprodukten.

Nachfolgend wird das [benzolring-U-¹⁴C]Triadimenol als [¹⁴C] **Triadimenol** und der als FS-formulierte Wirkstoff mit [¹⁴C] **Baytan 075 FS** bezeichnet. Bei Bezug auf die **Trockenbeizformulierung** wird die Bezeichnung [¹⁴C] **Baytan 25 DS** verwendet. Nach Beizung mit nicht-radioaktivem Wirkstoff gelten analog die Bezeichnungen Triadimenol, Baytan 075 FS, oder Baytan 25 DS.

Zur Erstellung der Applikationsbilanz und Berechnung der mittleren Radioaktivitäts- bzw. Wirkstoffmenge/Korn wurden nach der Trockenbeizung 94 Körner und nach der Flüssigbeizung 200 Körner analysiert (Tab. 6).

² Bayer AG, Isotopenlabor Chemie im Institut für Pharmakokinetik (Labor Dr. Marsmann), Wuppertal-Elberfeld

.2 Pflanzen und Boden

Alle Versuche wurden mit der Wintergerstensorte 'Vogelsanger Gold', Ernte 1984, mit einem TKG von 43 g durchgeführt. Das Saatgut war auf 2.5 - 3.5 mm gesiebt und hatte eine Keimfähigkeit in Quarzsand von 98 %. Der Beizung ging eine Selektion der Karyopsen auf Größengleichheit, Unversehrtheit, Freiheit von atypischen Verfärbungen und weitgehende Intaktheit der Spelzen voraus.

Bei dem Versuchsboden handelte es sich um eine Parabraunerde aus Löß. Sie stammte aus einem nahegelegenen Ackerstandort (Merzenhausen/Rhld.) und wurde in ungestörten Bodenkernen (Monolithen) von 110 cm Profiltiefe und einer Nutzfläche von 0.5 bzw. 1 m² entnommen (Unterflur-Lysimeter, Abb. 1).

Tab. 2: Parabraunerde aus Löß, Standort Merzenhausen/Rheinland: chemische und physikalische Kenndaten des A_p-Horizontes.

pH _{KCl}		6.6
C _{org}	[%]	1.3
Biomasse:		
mikrobieller C/kg Boden (TS)	[mg]	235
Gesamt-N	[%]	0.08
S-Wert	[mval 100/g]	9.5
T-Wert	[mval 100/g]	10.0
Ton (< 2 µm)	[%]	9.7
Schluff (2 - 63 µm)	[%]	83.8
Sand (63 - 2000 µm)	[%]	6.5

In einem weiteren Lysimetertyp mit ebenfalls 1 m² Nutzfläche (Überflur-Lysimeter, s. 4.4.) wurde der A_p-Horizont desselben Bodentyps vom gleichen Standort eingefüllt; für Versuche in Kick-Brauckmann-Gefäßen wurde dieser Boden vorab gesiebt (< 5 mm). Die wesentlichen Kenndaten des Bodens sind in Tab. 2 zusammengefaßt. Die maximale Wasserkapazität (WK_{max}) wurde ebenfalls an gesiebttem Boden (< 5 mm) aus dem A_p-Horizont in Anlehnung an Schlichting und Blume (1966) mit rd. 45 % bestimmt. Alle weiteren WK_{max}-Angaben beziehen sich auf diesen Wert.

2.3 Lysimeterversuch mit ungestörten Monolithen im Freiland (*Versuch 1*)

2.3.1 Versuchsaufbau, Lysimeter und Aussaat

Für diesen Versuch standen im Kontrollbereich "Freigelände" des Institutes für Radioagronomie der KFA Jülich insgesamt sieben Lysimeter aus Edelstahl mit einer Profiltiefe von 110 cm zur Verfügung (Führ und Steffens, 1985; Abb. 1). Nach einem frühen (19. Sept. 1985) bzw. späteren Termin (10. Okt. 1985) wurden drei Lysimeter mit einer Nutzfläche von 1 m² den natürlichen Niederschlägen (**STD**) ausgesetzt. In je 2 weiteren 0.5 m²-Lysimetern erfolgte die Simulation einer Trockenperiode (**TRO**) bzw. von definierten Niederschlagsmengen (**FEU**) nach der Saat.

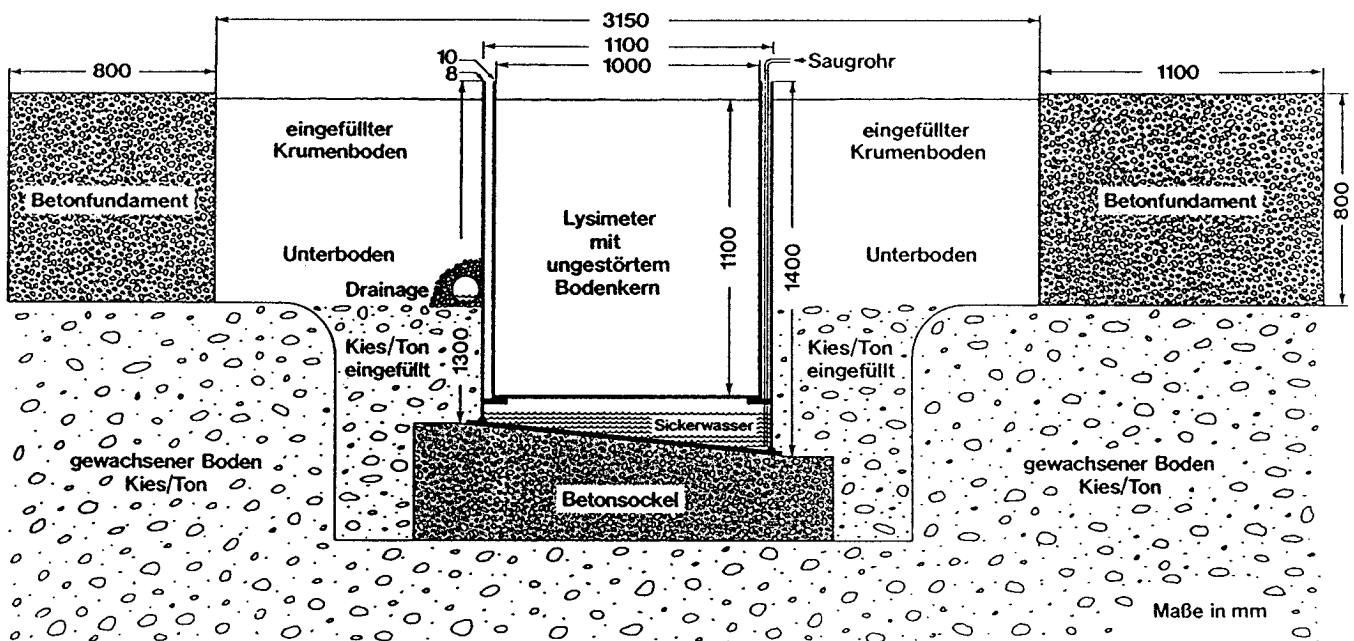


Abb. 1: Querschnitt durch die Lysimeteranlage des Instituts für Radioagronomie der KFA Jülich.

Um die Variabilität der Kornablage zu minimieren, wurden die Abstände innerhalb der Reihe (2.5 cm) sowie die Saattiefe (2.5 cm) mit einem Saatt Brett exakt festgelegt (Abb. 2). Mit Ausnahme eines STD-Lysimeters (Abb. 3) wurden radioaktiv und nicht-radioaktiv gebeizte Karyopsen in der Reihe alternierend abgelegt. Auf diese Weise sollte die Radioaktivitätsaufnahme aus den Beizhöfen benachbarter Pflanzen unter den jeweils spezifischen Bedingungen erfaßt werden. Pro Versuchsvariante standen jeweils 0.5 m² Lysimeterfläche zur Verfügung, deren Verteilung auf die vorhandenen Lysimeter dem Schema in Abb. 3 zu entnehmen ist. Weitere Angaben zu diesem Versuch sind in Tab. 3 zusammengestellt.

In jeder Variante wurden unbehandelte Kontrollpflanzen in die die Lysimeter umgebende Parzelle gesät und den gleichen Feuchtebedingungen ausgesetzt.

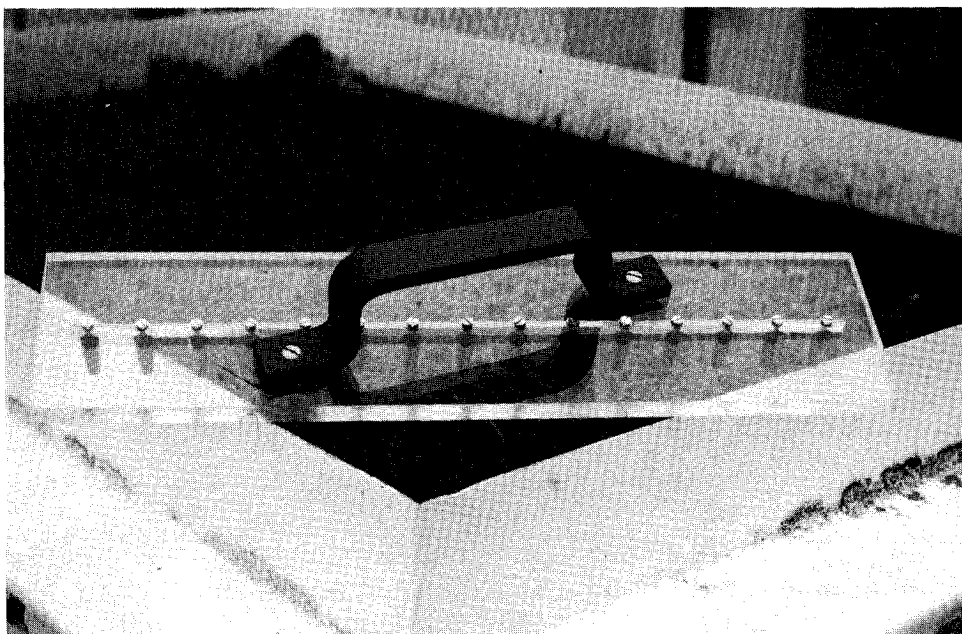


Abb. 2: Saatbrett zur exakten Ablage der Wintergerstenkörner auf eine Tiefe von 2.5 cm.

Tab. 3: Angaben zum Freilandversuch mit ungestörten Monolithen.
- (Versuch 1) -

	<u>Frühsaat</u>	<u>Spätsaat</u>
<u>Bodenbearbeitung:</u>		
"Pflügen"	12. Sept. 1985, 30 cm	
"Saatbettbereitung"	17. Sept. 1985	ca. 3 cm
Saatzeitpunkt:	19. Sept. 1985	10. Okt. 1985
Saatstärke:	400 Körner/m ²	
Reihenabstand:	10 cm	
Ablageweite:	2.5 cm	
Saattiefe:	2.5 cm	
Düngung:	13. Sept. 1985	
	20 g Mehrnährstoffdünger (12+12+17+2)	
	= 24.0 kg N/ha	
	= 10.5 kg P/ha	
	= 28.2 kg K/ha	
	= 2.4 kg Mg/ha	

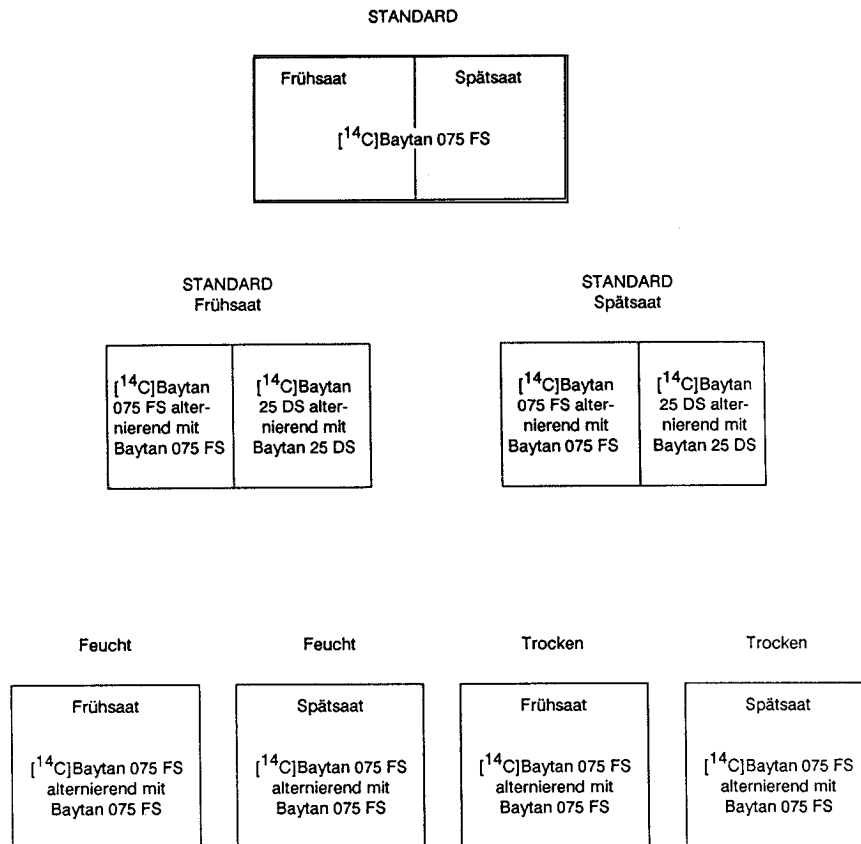


Abb. 3: Verteilung der Versuchsvarianten auf die Lysimeter.

2.3.2 Simulation von Trockenheit und Niederschlagsereignissen nach der Saat

Um gegenüber den natürlichen Verhältnissen (STD) die Entwicklung relativ hoher bzw. niedriger Bodenfeuchtegänge zu ermöglichen, wurden zu jedem Saattermin jeweils ein 0.5 m^2 -Lysimeter mit 100 mm Niederschlag innerhalb von 10 Tagen (10mm/Tag) beregnet (Feucht-Lysimeter = FEU) oder über 3-4 Wochen vor Niederschlägen geschützt (Trocken-Lysimeter = TRO). Die Zeiträume der jeweiligen Behandlung sind in Tab. 4 angegeben.

Die Beregnung erfolgte mit einem Spritzrahmen, der in einem folienummantelten, tragbaren Metallgestell aufgehängt war (Abb. 4). Mittels 16 Heizkesseldüsen (Danfoss B, 23 l/h, Spritzwinkel 80 °) im Abstand von 20 x 20 cm wurde aus etwa 75 cm Höhe ein Sprühnebel über Lysimeter und nebenstehende Kontrollpflanzen appliziert.

Der Vorteil dieser Beregnungsanlage bestand in:

1. einer homogenen Verteilung des Niederschlags,
2. der kurzen Beregnungsdauer,
3. der Vermeidung von Kontaminationen der Kontrollparzelle durch aufspritzenden Lysimeterboden und
4. einer Reduzierung der Verschlämmung der schluffreichen Parabraunerde.

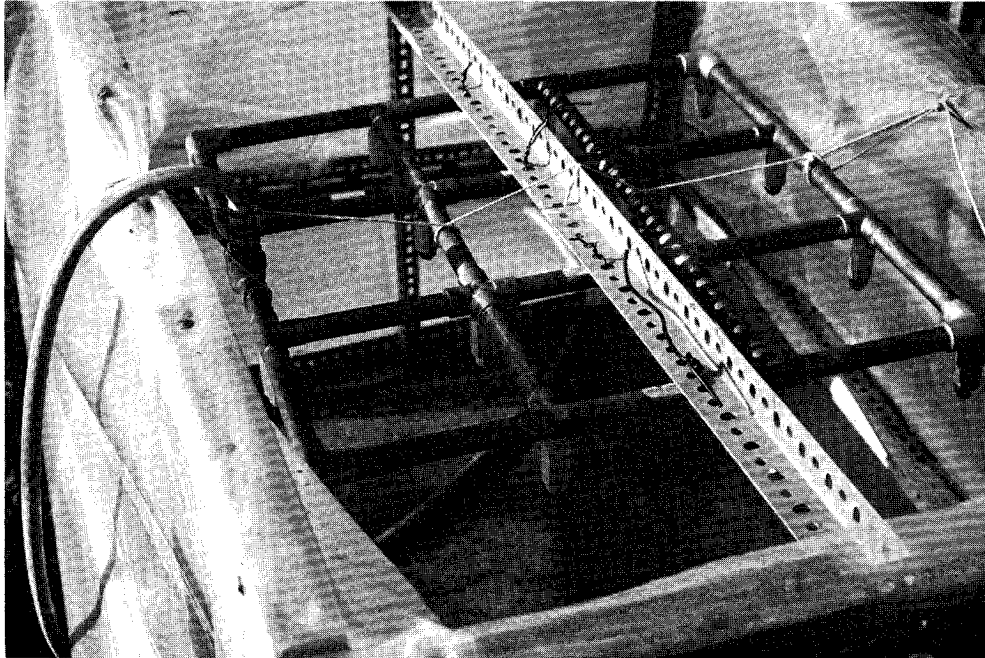


Abb. 4: Spritzrahmen zur Simulation von Niederschlägen.

Die TRO-Lysimeter waren während des in Tab. 4 genannten Zeitraumes in einer Höhe von ca. 1 m mit einer hoch lichtdurchlässigen Folie (Hostaflon ET, Fa. Kalle) überdacht und so vor Niederschlägen geschützt (Abb. 5).



Abb. 5: Trocken-Lysimeter.

Tab. 4: Probenahme im Freilandlysimeterversuch mit ungestörten Monolithen.

	Frühsaat (I) 19. Sept. 1985				Spätsaat (II) 10. Okt. 1985			
	Baytan 0 7 5 FS		Baytan 25 DS		Baytan 0 7 5 FS		Baytan 25 DS	
Beizung								
Behandlung	Standard STD*	Feucht FEU*	Trocken TRO*	Standard STD*	Standard STD*	Feucht FEU*	Trocken TRO*	Standard STD*
Dauer der Behandlung	19.Sept. - 11.Okt.	23.Sept. - 2.Okt.	20.Sept. - 13.Okt.	19.Sept. - 11.Okt.	10.Okt. - 20.Dez.	18.Okt. - 27.Okt.	10.Okt. - 7.Nov.	10.Okt. - 18.Dez.
Stadium	Datum der Probenahme (Tage nach der Saat)							
10-11	25.Sept.(6)	24.Sept.(5)	25.Sept.(6)	25.Sept.(6)	20.Okt.(10)	20.Okt.(10)	20.Okt.(10)	20.Okt.(10)
11-12	28.Sept.(9)	27.Sept.(8)	27.Sept.(8)	27.Sept.(8)	30.Okt.(20)	30.Okt.(20)	28.Okt.(18)	28.Okt.(18)
12-13	3.Okt.(14)	3.Okt.(14)	4.Okt.(15)	3.Okt.(14)	11.Nov.(32)	13.Nov.(34)	11.Nov.(32)	11.Nov.(32)
21	6.Okt.(17)	14.Okt.(25)	21.Okt.(32)	5.Okt.(16)	6.Dez.(57)	9.Dez.(60)	9.Dez.(60)	6.Dez.(57)
22-23	11.Okt.(22)	21.Okt.(32)	24.Okt.(35)	11.Okt.(22)	20.Dez.(71)	23.Dez.(74)	23.Dez.(74)	18.Dez.(69)

* : STD = Ausschließlich natürliche Niederschläge während der gesamten Versuchsdauer (s. Abb. 19).

FEU = Natürliche Niederschläge und zusätzliche Regensimulation während der o.g. Zeiträume in Höhe von 100 mm innerhalb von 10 Tagen (10 mm/d).

TRO = Natürliche Niederschläge außer in den o.g. Zeiträumen, in denen die Lysimeter mit lichtdurchlässiger Folie überdacht waren.

2.3.3 Probenahme und Aufbereitung von Pflanzen, Boden, und Perkolat

Die Probenahmen richteten sich nach der Pflanzenentwicklung, die nach Zadoks et al. (1974) bonitiert wurde.

Der Boden mit den zugehörigen Pflanzen wurde in Stechrahmen aus Edelstahl auf 10 cm Tiefe, 9 cm Breite und 5 bzw. 10 cm Länge aus dem Lysimeter entnommen und zwar pro Lysimeter und Erntezeitpunkt jeweils 14 - 20 radioaktiv gebeizte Pflanzen zur Bilanzierung und 7 - 20 radioaktiv gebeizte Pflanzen zur Wirkstoffbestimmung (Extraktion) sowie jeweils 10 - 20 der inaktiv gebeizten Pflanzen. Pflanzen und Boden wurden voneinander getrennt und das Frischgewicht der Blätter nach Fraktionierung des Sprosses bestimmt. In der mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten STD-Variante stammten die Pflanzen zur Bilanzierung (^{14}C -Bestimmung) und Extraktion aus dem Lysimeter mit kontinuierlicher Ablage von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeiztem Saatgut, während die Ermittlung der Radioaktivitätsaufnahme aus dem Beizhof benachbarter Pflanzen aus dem Lysimeter mit alternierender Ablage von [^{14}C]Baytan 075 FS- und Baytan 075 FS-gebeizten Körnern erfolgte. Im Falle der Beizung mit [^{14}C]Baytan 25 DS bzw. Baytan 25 DS wurden die Pflanzen lediglich zur Radioaktivitätsbestimmung herangezogen und auf eine Wirkstoffanalyse verzichtet.

Nach der Fröhsaat wurden an jedem Probenahmetermin zusätzlich jeweils 3 Pflanzen aus dem STD-Lysimeter für makroautoradiographische Untersuchungen verwendet.

Zur ^{14}C -Bestimmung wurden die Pflanzen luftgetrocknet und die einzelnen Fraktionen verascht. Boden, der an Wurzeln und Karyopsen haftete, wurde mechanisch entfernt und der zugehörigen Bodenfraktion zugeschlagen. Die Karyopsen wurden zunächst einzeln jeweils 2 Minuten in 10 ml Aceton gewaschen, anschließend 2 Aliquote à 250 μl entnommen, das Lösungsmittel abgedampft und die Proben in Toluol-Szintillator im Flüssigkeits-Szintillationsspektrometer (LSC) gemessen. Danach wurden die Karyopsen verascht und die ^{14}C -Aktivität ermittelt. Pflanzenmaterial, das zur Extraktion vorgesehen war, wurde bei $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert.

Der luftgetrocknete Boden wurde staubfein gemahlen, Aliquote à 500 mg in 5facher Wiederholung verascht und im LSC gemessen.

Für Desorptionsstudien wurden je Probenahmetermin 4 Bodenproben seitlich aus den Saatreihen ausgestochen. Mit einem speziellen Stechrahmen (Abb. 6) wurden die für die Beizhofausbildung relevanten Bodenzonen separiert und die darin befindlichen Pflanzen beschädigungsfrei geerntet. Die Proben wurden frisch gewogen, in Plastiktüten verpackt und bis zur Aufarbeitung bei $+2\text{ }^{\circ}\text{C}$ gelagert.

Das Perkolat wurde am Ende des Versuchszeitraumes abgepumpt und jeweils 3 Aliquote (5 ml) in Instagel (Instant Scintillation Gel, Packard) im LSC gemessen, wobei Niederschlagswasser als Vergleichswert diente.

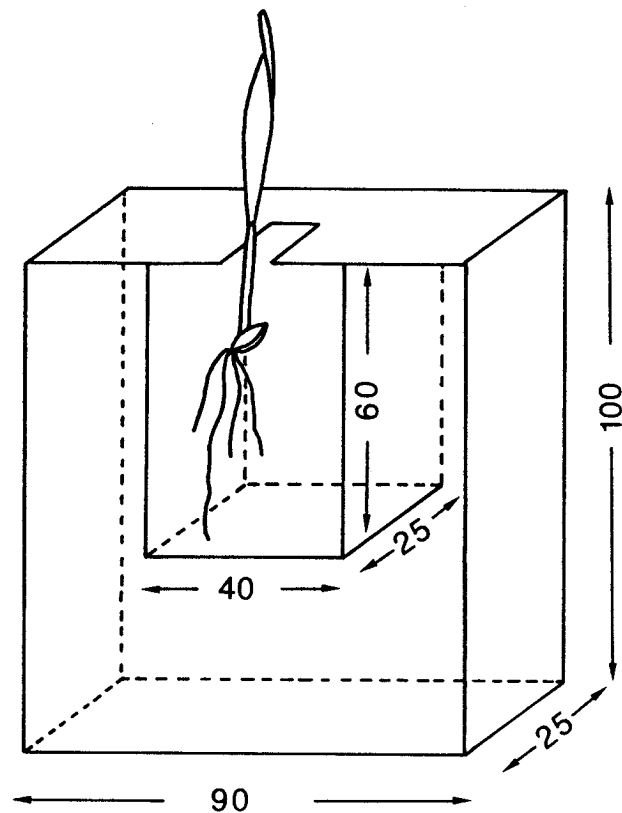


Abb. 6: Stechrahmen zur Entnahme von Beizhof-Bodenproben
Maße in mm.

2.3.4 Fraktionierung der Karyopsen

Die Karyopsen der zur Extraktion vorgesehenen Pflanzen wurden mechanisch von anhaftender Erde befreit und anschließend, wie unter 2.3.3, in Aceton gewaschen. Spelzen, Pericarp/Testa und Endosperm wurden voneinander getrennt, die beiden erstgenannten Fraktionen verascht und das Endosperm von 8 - 12 Karyopsen gemeinsam extrahiert. Das Scutellum und anhängende Sproßreste wurden bei diesen Analysen nicht erfaßt. Zusätzlich zur Extraktion wurden in den STD-Varianten die Hälfte der isolierten Endosperme einzeln verascht und deren Radioaktivität im LSC gemessen, so daß auch eine Aussage über die Streuung der mittleren ^{14}C -Gehalte gemacht werden konnte.

2.4 Lysimeterversuche mit eingefülltem Krumenboden

Für diese Versuche wurden Lysimeter aus PVC (Abb. 7) mit einer Nutzfläche von 1 m^2 verwendet. Sie waren mit ca. 40 cm Krumenboden der in Tab. 2 beschriebenen Parabraunerde gefüllt. Das Perkolat wurde in 20 l Plastikkanistern aufgefangen.

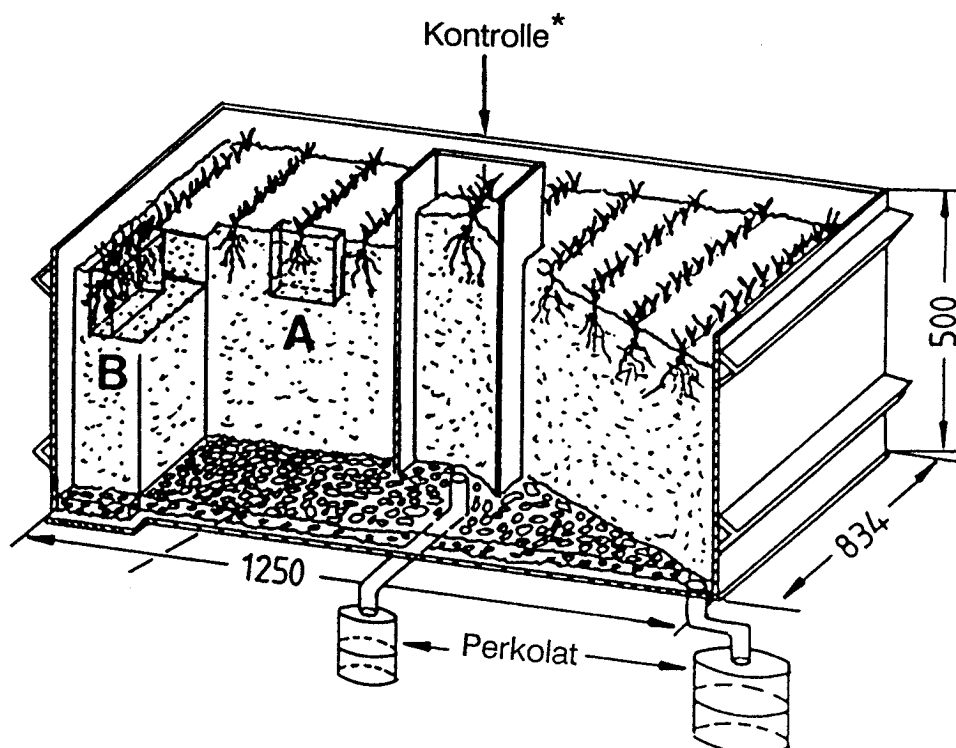


Abb. 7: 1 m²-Freilandlysimeter (Überflur).
Maße in mm
Saatreihe im Quer- (A) bzw. Längsanschnitt (B)
* = Kontrollgefäße wurden nicht verwendet

2.4.1 Lysimeterversuch im Freiland (Versuch 2)

In diesem Versuch sollte die Bedeutung der Karyopse für die Radioaktivitätsaufnahme in Wintergerste nach Beizung des Saatgutes mit [¹⁴C]Baytan 075 FS untersucht werden.

2.4.1.1 Lysimeter und Aussaat

In das Lysimeter wurde am 10. Okt. 1985 ausschließlich [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste und eine Reihe unbehandelter Kontrollpflanzen gesät. Die Versuchsdaten entsprechen denen der gleichzeitig gesäten Pflanzen aus dem Versuch 1 (Spätsaat). Vor Versuchsbeginn wurde der Boden durch Anstauen mit einer berechneten Wassermenge auf ca. 50 % WK_{max} eingestellt.

2.4.1.2 Entfernung der Karyopsen

Zu drei verschiedenen Terminen wurden die Karyopsen von jeweils 30 - 60 Pflanzen entfernt. Vorversuche hatten ergeben, daß eine Weiterentwicklung der Keimpflanzen ohne Endospermreserven frühestens zwischen dem Entwicklungsstadium 10 und 11 möglich war. Die ersten Sektionen wurden daher kurz nach dem Auflaufen des Getreides mit dem Einsetzen autotropher Prozesse vorgenommen. Entlang der Pflanzen wurde der Boden vorsichtig aufgegraben und auf Aluminiumfolie gelegt. Die Karyopsen wurden mit Pinzette und Schere unter Belassung des Scutellums entfernt, anschließend in Saattiefe neben der Pflanze abgelegt und der Boden wieder aufgefüllt. Auf diese Weise war die Ausbildung eines Beizhofes möglich, ohne daß sich die Pflanze unmittelbar über das Korn mit Wirkstoff versorgen konnte. Im Vergleich dazu wurden die Karyopsen an einer jeweils gleich großen Anzahl [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Pflanzen belassen. Die Sektion der Karyopsen und Ernte der Pflanzen fand an folgenden Terminen statt:

Karyopsen-Sektion		Probenahme	
Entwickl.-Stadium (Tage nach Saat)		Entwickl.-Stadium (Tage nach Saat)	
10 - 11	(12)	11	(28)
11	(28)	12 - 13	(54)
12	(33)	13 - 21	(61)

2.4.1.3 Probenahme und Aufbereitung von Pflanzen und Perkolat

Zur Probenahme wurde der Boden erneut aufgegraben, die Pflanzen entnommen und die Sprosse unmittelbar über der Karyopse bzw. bei seziierten Pflanzen an gleicher Stelle abgeschnitten. Die Frischmassen der Sprosse wurden bestimmt, das Blattmaterial anschließend luftgetrocknet und verascht.

Mit dem anfallenden Perkolat wurde, wie unter 2.3.3 beschrieben, verfahren.

2.4.2 Lysimeterversuch im Gewächshaus (Versuch 3)

Zur Quantifizierung der Wirkstoffaufnahme über die Wurzel wurde ein weiterer Versuch in einem oberirdischen 1 m²-Lysimeter (Abb. 7) durchgeführt. Die Aussaat erfolgte am 28./29. Okt. 1987. Wegen des für Wintergerste späten Termins wurde dieser Versuch im Gewächshaus durchgeführt. Aufgrund sinkender Temperaturen und Tageslängen wurde ab dem 30. Nov. 1987 eine zusätzliche Heizlüftung und Lichtquelle (Philips HDK/250, ca. 1000 Lux in Pflanzenhöhe) installiert. Die Bodenfeuchten in 3 - 4 und 7 - 8 cm Tiefe wurden periodisch durch gravimetrische Messung bestimmt (Tab. 26). Eine hohe Bodenfeuchte und vertikale Wasserbewegung im obe-

ren Krümmenbereich wurde durch Regensimulation im Gewächshaus bzw. bei Auftreten natürlicher Niederschläge durch kurzfristige Exposition des Lysimeters im Freigelande erreicht. Die Luft- und Bodentemperaturen sowie die Niederschlagsverteilung während des Versuches sind in der Abb. 36 zusammengestellt.

2.4.2.1 Versuchsaufbau, Lysimeter und Aussaat

Die Fragestellung wurde in 2 komplementären Saatvarianten bearbeitet. In beiden wurden jeweils 300 Körner ausgesät, wovon jeweils die Hälfte mit [^{14}C]Baytan 075 FS gebeizt war. Neben jedes radioaktiv gebeizte Korn wurde unmittelbar ein nicht-radioaktiv gebeiztes abgelegt.

Im Versuchssystem A (Abb. 8) waren die Baytan-gebeizten Karyopsen durch präparierte 5 ml-Pipettenspitzen (Gilson) vom Umgebungsboden isoliert. Die Pipettenspitzen waren oben und unten gekappt, so daß ein im unteren Teil konisches Röhrchen von ca. 2.7 cm Länge entstand. Die basale Karyopsenhälfte mit dem Embryo wurde unmittelbar vor der Saat in eine Aufschlammung aus gemahlenem Feinboden und Aktivkohlenstaub getaucht und die Körner in die bereits vorab im Boden positionierten Röhrchen auf 2.5 cm Tiefe abgelegt. Die untere Öffnung der Röhrchen war gerade so weit, daß der Embryobereich hineinpaßte. Die Karyopsen in den Röhrchen wurden mit Boden überschichtet und dieser mit einigen Tropfen Wasser befeuchtet. Die zähflüssige Suspension aus Boden und Aktivkohle sollte zweierlei bewirken:

1. Verhinderung einer Radioaktivitätsaufnahme über die Sproßbasis der Baytan gebeizten Wintergerste
2. Verhinderung einer Radioaktivitätsdiffusion in das innere Volumen des Röhrchens mit der Möglichkeit einer nachfolgenden Aufnahme über die nicht-radioaktiv gebeizten Karyopsen.

Im Versuchssystem B wurden die Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen ohne Isolierung, in etwa gleichem Abstand wie im Versuchssystem A, neben den mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Körnern abgelegt. Um besonders nach der Keimung einen direkten Kontakt zwischen den Wurzeln Baytan 075 FS-gebeizter Pflanzen und den benachbarten [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen zu vermeiden, wurde in beiden Versuchsansätzen (A und B) darauf geachtet, daß die radioaktiv gebeizten Karyopsen seitlich ca. 1 - 2 mm über den nicht-radioaktiv gebeizten Karyopsen bzw. den Röhrchenöffnungen abgelegt wurden (Abb. 8).

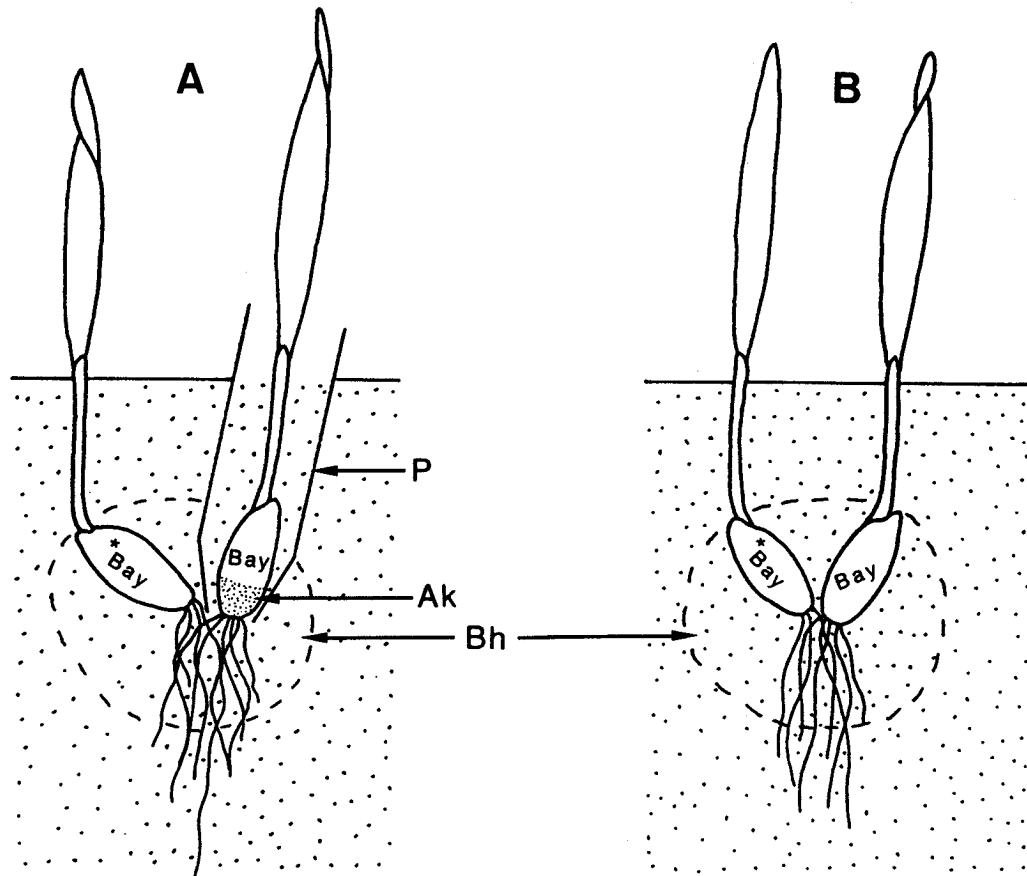


Abb. 8: Ablage [^{14}C]Baytan 075 FS- und Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen im Lysimeter.
 Versuchsansatz mit isolierten (A) bzw. nicht isolierten Baytan 075 FS-behandelten Karyopsen (B)
Legende: Bay = Baytan 075 FS-gebeizt; *Bay = [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizt;
 P = präparierte Pipettenspitze; Ak = Aufschlammung aus Aktivkohle und Boden;
 Bh = Beizhof

2.4.2.2 Probenahme und Aufbereitung der Pflanzen

Die Gewinnung und Aufbereitung des Sproßmaterials erfolgte wie unter 2.4.1.3 beschrieben. Bei Entnahme der Proben wurde darauf geachtet, daß

1. [^{14}C]Baytan 075 FS- bzw. Baytan 075 FS-gebeizte Pflanzen etwa im gleichen Entwicklungsstadium waren und
2. die Wurzeln von Baytan-gebeizten Pflanzen nicht über die Karyopsen [^{14}C]Baytan-gebeizter Pflanzen gewachsen waren.

Unter diesen Prämissen wurden im Stadium 11 und 21 zwischen 25 und 46 Pflanzenpaare geerntet.

4.2.3 Analyse von Guttationstropfen

Im Zeitraum vor Beheizung des Gewächshauses (Abb. 36) wurden jeden Morgen Guttationstropfen, vorwiegend an den Primärblättern der Wintergerste, beobachtet. Diese Tropfen wurden als Einzelpflanzenproben mit einer 20 µl-Pipette (Eppendorf) gewonnen, in Glasprobenfläschchen (Packard) überführt und die Pipettenspitzen mit 2 x 1 ml H₂O nachgespült. Die Proben wurden auf 5 ml H₂O aufgefüllt und mit 10 ml Instagel im LSC gemessen.

In gleicher Weise gewonnene Guttationstropfen wurden in GC-Fläschchen überführt und die Flüssigkeit unter leichtem Stickstoffstrom bei Raumtemperatur eingetrocknet, der Rückstand in 0.3 ml Methanol aufgenommen und dünnschichtchromatographisch untersucht.

5 Gefäßversuch (Versuch 4)

In 23 Kick-Brauckmann-Gefäßen wurde parallel zu der im Versuch 1 stattfindenden Fröhsaat (19. Sept. 1985) untersucht, ob die Ergebnisse aus Gefäßversuchen mit den Resultaten aus praxisnahen Lysimeterstudien vergleichbar sind.

5.1 Versuchsaufbau, Versuchsgefäße und Aussaat

Dieser Versuch wurde im Kontrollbereich Freigelände des Instituts in einem Folienhaus durchgeführt, das bereits von Hansper (1986) und Kubiak (1986) beschrieben wurde. Die Gefäße (Abb. 9) wurden mit 8 kg Trockenboden (Parabraun-erde, Siebung < 5 mm) über einer Drainageschicht aus Kies gefüllt und auf 50 % WK_{max} eingestellt. Die Grunddüngung betrug in Anlehnung an Grosse-Brauckmann (1973; 1975) ca. 1.0 g N, 0.4 g P und 0.8 g K.

Am 20. Okt. 1985 wurden jeweils 14 Körner [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste in 20 Gefäße ausgesät. Zur Kontrolle wurde unbehandelte Wintergerste in 3 weitere Gefäße abgelegt. Reihenabstand, Ablageweite und -tiefe entsprachen den im Lysimeterversuch 1 gewählten Bedingungen (Tab. 3). Die Exaktheit der Ablage wurde mit einer runden Schablone und einem Saatstempel erreicht.

Alle 2 Tage wurden die durch Evapotranspiration entstandenen Wasserverluste gravimetrisch erfaßt. Volumina bis zu 200 ml wurden durch gleichmäßiges Gießen von oben ergänzt, darüber hinausgehende Mengen von unten angestaut.

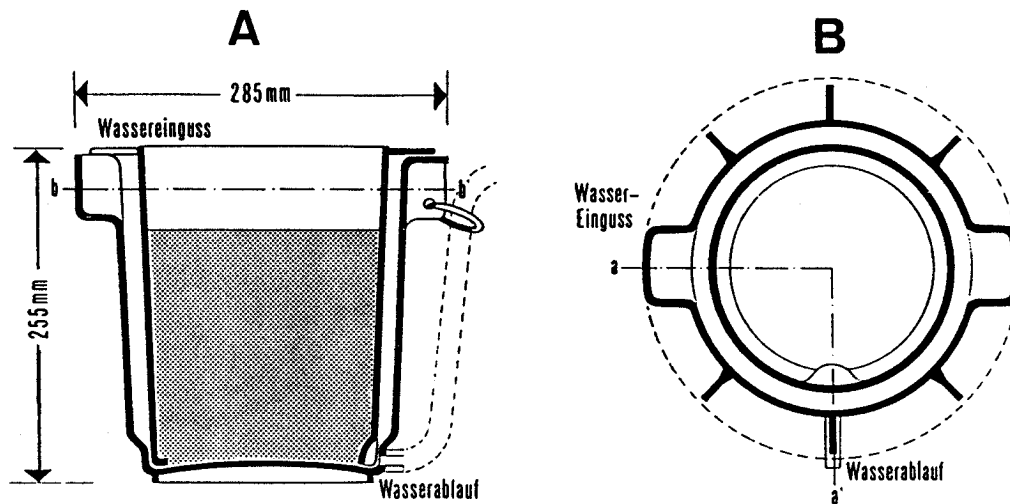


Abb. 9: Versuchsgefäße nach Kick-Brauckmann für Gewächshaus- und Freilandversuche im Längsschnitt (A) und in Aufsicht (B).

2.5.2 Probenahme und Aufbereitung der Pflanzen

Die Pflanzen wurden im gleichen Entwicklungsstadium wie im parallel laufenden Lysimeterversuch (Versuch 1, Frühsaat) geerntet. Jede Probenahme umfaßte insgesamt 4 Gefäße, aus deren Mitte jeweils 8 Pflanzen, wie unter 2.3.3 beschrieben mit Stechrahmen entnommen und zur ^{14}C -Bestimmung aufgearbeitet wurden.

2.6 Klimakammerversuche

Die nachfolgenden Versuche wurden in der Klimakammer (Fa. Heraeus-Vötsch) unter folgenden Bedingungen durchgeführt:

Lichtphase:	16 h, 23 °C, 60 % rel. Luftfeuchte
Dunkelphase:	8 h, 15 °C, 90 % rel. Luftfeuchte
Lichtquellen:	HQI-T 1000 W/D (^R Osram "Power Star") Kryptonlampen 60 W
Lichtintensität in Pflanzenhöhe:	380 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{s}$

2.6.1 Versuch 5

In diesem Experiment wurde untersucht, ob und gegebenenfalls in welchem Umfange Wirkstoff und/oder Metaboliten nach Aufnahme von [¹⁴C]Triadimenol über das Korn wieder über die Wurzel ausgeschieden werden. Die Versuche wurden in 3 verschiedenen Substraten durchgeführt:

1. Nährlösung,
2. Quarzsand und
3. Boden.

2.6.1.1 Versuchsaufbau, Aussaat, Probenahme und Aufbereitung

2.6.1.1.1 Versuch in Nährlösung

Die Keimung der [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen erfolgte in Schaumstoffringen, die mit Korkbohrern passend auf den Durchmesser von Plastikprobefläschchen (Packard, ca. 20 ml) ausgestanzt und bis zur Mitte eingeschnitten waren. Über die Schnittstelle wurden die Körner in der Mitte des Schaumstoffes abgelegt. Die Plastikprobeflaschen, deren untere Hälften abgesägt waren, wurden mit der Gewindeseite in eine wassergefüllte Wanne gestellt und die Schaumstoffringe mit den Körnern von oben eingeführt (Abb. 10). Zur Keimung im Dunkeln in wassergesättigter Atmosphäre wurde die Anordnung mit einer lichtundurchlässigen Haube abgedeckt.

Um ein möglichst homogen gekeimtes Probenmaterial zur Verfügung zu haben, wurde die vierfache Menge der tatsächlich benötigten Karyopsen angesetzt. Nach zwei Tagen waren die Koleorhiza sowie erste Keimwurzeln hervorgetreten. Die Körner wurden entnommen und in neue Plastikprobeflaschen umgesetzt, die wie oben beschrieben präpariert waren. Auf dem Flaschenhals lag zusätzlich eine 3 mm starke, dichtschießende Gummischeibe, die im Zentrum eine Bohrung von 3 - 4 mm Durchmesser besaß. Die Kontaktflächen zwischen Gummidichtung und Plastikflasche wur-

den nochmals mit ^RXantopren Plus versiegelt. Die Karyopsen wurden am Rand der Bohrung mit ^ROptosil fixiert und die Keimwurzeln hindurchgeführt. Der fraktionierte Schaumstoffring wurde wieder so um das Korn herum angeordnet, daß die Partien, die bei der Keimung am Korn anlagen, auch jetzt wieder Kontakt zur Karyopse erhielten. Damit sollte die erneute Ausbildung eines starken, vom Korn weg gerichteten Radioaktivitätsgradienten minimiert und die Ausgangssituation beim Keimungsvorgang möglichst wiederhergestellt werden.

Diese Anordnung mit den Keimpflanzen wurde anschließend auf Probenfläschchen aus Glas (Packard) umgesetzt und mit Klebeband fixiert. Die Fläschchen waren nahezu randvoll mit einer 1/10-Nährlösung nach Epstein (1972) (s. u.) gefüllt, so daß die für eine einwandfreie Wurzelentwicklung besonders notwendige Ca-Versorgung gesichert war. Der pH-Wert der Nährlösung lag bei 6.0.

Konzentration der Nährlösung

nach Epstein (1972):

1/5

1/10

	Makronährstoffe [mM]	
KNO ₃	1.20	0.60
Ca(NO ₃) ₂	0.80	0.40
NH ₄ H ₂ PO ₄	0.20	0.10
(NH ₄) ₂ HPO ₄	0.20	0.10
MgSO ₄	0.20	0.10
	Mikronährstoffe [µM]	
KCl	10.00	5.00
H ₃ BO ₃	6.30	3.15
Fe-EDTA	4.00	2.00
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	0.40	0.20
MnSO ₄ x H ₂ O	0.40	0.20
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0.10	0.05
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0.10	0.05

Nach weiteren 48 Stunden wurden die Plastikprobefläschchen mit den darin befindlichen Keimpflanzen in PVC-Platten (5 x 6 cm) mit zentrierter Gewindebohrung geschraubt und diese über Bechergläser mit frischer Nährlösung gebracht. Am 5. Tag nach Keimungsbeginn wurden die Pflanzen in die Klimakammer transferiert, nachdem einige bereits das Stadium 10 (1. Blatt spitzte aus der Koleoptile) erreicht hatten. Mit dem vollständigen Durchtritt aller Keimwurzeln durch das Loch in der Gummidichtung wurde dieses mit Xantopren verschlossen und die Nährlösung kontinuierlich belüftet. In Vorversuchen konnte für diese Art der Trennung von Korn- und Wurzelraum ein unbeabsichtigter Werkstoffeintrag in die Nährlösung mit Spritzwasser bzw. über Wasserfilme ausgeschlossen werden. Zur Aufrechterhaltung der Kornfeuchte diente eine Wattermanschette, die auf den Schaumstoffring gelegt und täglich befeuchtet wurde. Evapotranspirationsverluste wurden durch tägliches Wiegen erfaßt und durch Nährlösung ausgeglichen.

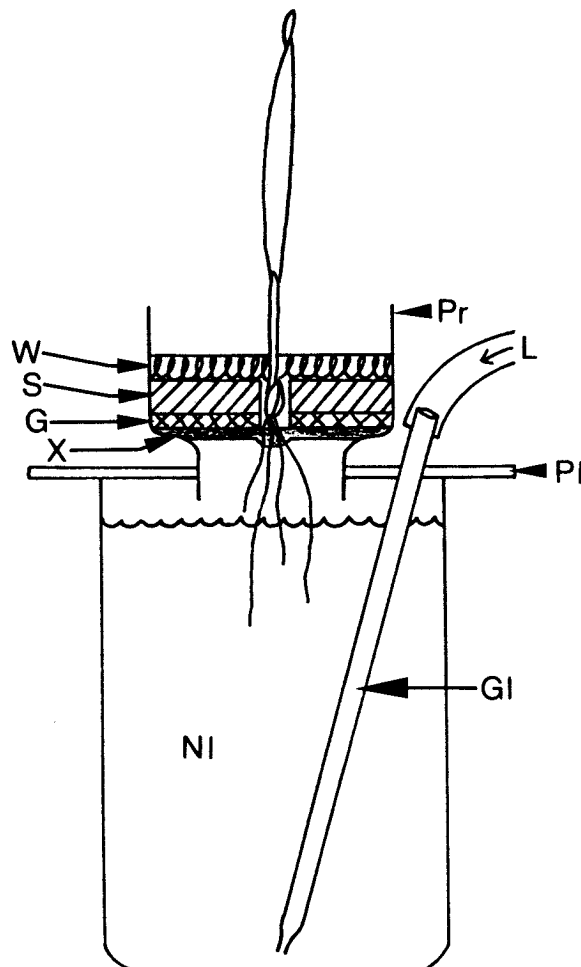


Abb. 10:

Nährlösungsversuch zur Ausscheidung von Wirkstoff und/oder Metaboliten über die Wurzel.

Legende: W = Watte (ca. 5 mm); S = Schaumstoff (ca. 7 mm); G = Gummidichtung (ca. 3 mm); X = Xantopren-Versiegelung; Pl = PVC-Platte; Pr = halbiertes Plastikprobefläschchen, Gewindeseite in PVC-Platte geschraubt; NI = Nährlösung; L = Luftzufuhr; GL = Glasröhrchen.

Tab. 5:

Versuch zur Abgabe von [¹⁴C]Triadimenol über die Wurzeln nach Aufnahme über [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizte Karyopsen von Wintergerste.

Tage nach Keimungsbeginn:	2	4	5	8	10	13	15	17	18
Probenahme erfolgt (+):¹⁾	-	+	-	+	+	+	+	+	+
Entwicklungsstadium:		Keimung abgeschlossen	Keimwurzeln erreichen Nährlösung						
				10-11	11	≤13	13	≤21	21
Wachstumsbedingungen:		Dunkelheit, Raumtemp., ca. 95 % rel. Luftfeuchte	<----- Klimakammer ----->						
			2)	3)					
Nährlösung:⁴⁾									
Konzentration		1/10	-	1/10	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5
Volumen [ml]	-	22	-	30	100	100	100	100	100

- 1) : Bestimmung von Radioaktivität und Wirkstoff in der Nährlösung;
am 18.Tag zusätzlich ¹⁴C-Analyse von Spross und Wurzel
- 2) : Überführung der Pflanzen in die Klimakammer
- 3) : Versiegelung der Wurzeldurchtrittsöffnung und kontinuierliche Belüftung der Nährlösung
- 4) : Die Nährlösungen stammen vom jeweils vorhergehenden Probenahmetermin

In der Klimakammer wurde den Pflanzen eine 1/5-Nährlösung angeboten. Sie wurde an jedem der in Tab. 5 genannten Probenahmetermine gewechselt und auf Radioaktivität untersucht. Proben, deren Radioaktivitätsgehalte sich größenordnungsmäßig entsprachen, wurden vereinigt und bis zur Extraktion bei -18 °C gelagert. Bei Versuchsende wurden die Sprosse und Wurzeln oberhalb der Schaumstoffmanschette bzw. unterhalb der Xantopren-Dichtung abgeschnitten, gewogen und bei Raumtemperatur luftgetrocknet.

2.6.1.1.2 Versuch in Sand

Als Wurzelsubstrat dienten in diesem Versuch 350 g gewaschener Quarzsand, der in 300 ml-Bechergläsern mit 80 ml Wasser angefeuchtet wurde. Für den Gasaustausch steckte in jedem Gefäß ein Teflonschlauch von ca. 3 mm Innendurchmesser.

Die gebeizte Gerste wurde wie im vorangegangenen Versuch (2.6.1.1.1) vorgekeimt. Der Versuch wurde in zwei Versionen durchgeführt. In dem Sand steckte jeweils 3 - 4 mm tief ein halbiertes Plastikprobefläschchen, das im Versuchsansatz A die unter Abb. 11 angegebene Schichtung von Sand und gemahlener Aktivkohle enthielt. Die Schaumstoffringe mit den gekeimten Karyopsen wurden in diese Schichtung gesetzt und ca. 5 mm Sand über die Karyopsen gegeben. Dieser Sand wurde täglich mit Wasser befeuchtet, um ein Austrocknen der Karyopsen zu verhindern. In Vorversuchen wurde festgestellt, daß selbst bei starker "Beregnung" das im Perkulationswasser mitgeführte [^{14}C]Triadimenol in einer 3 - 5 mm Schicht gemahlener Aktivkohle zurückgehalten wurde. Eine Diffusion von Wirkstoffanteilen in den darunterliegenden Wurzelraum war somit bei dieser Versuchsanordnung ausgeschlossen.

Im Versuchsansatz B war lediglich die Aktivkohleschicht durch die bereits unter 2.6.1.1.1 beschriebene Gummischeibe ersetzt. Deren zentrale Bohrung wurde mit aufgeschlämmtem Aktivkohlestaub gefüllt und die gekeimten Karyopsen ohne Schaumstoffringe mit der Basis (Embryo) hineingesteckt. Auch in diesem Versuchsansatz wurden die Karyopsen mit Sand überschichtet und dieser täglich befeuchtet. Die Pflanzen wuchsen nach Keimung und Umsetzen in die Sandgefäße in der Klimakammer. Die Evapotranspirationsverluste wurden gravimetrisch erfaßt und täglich durch 1/10-Epstein-Lösung über das Teflonrohr ausgeglichen.

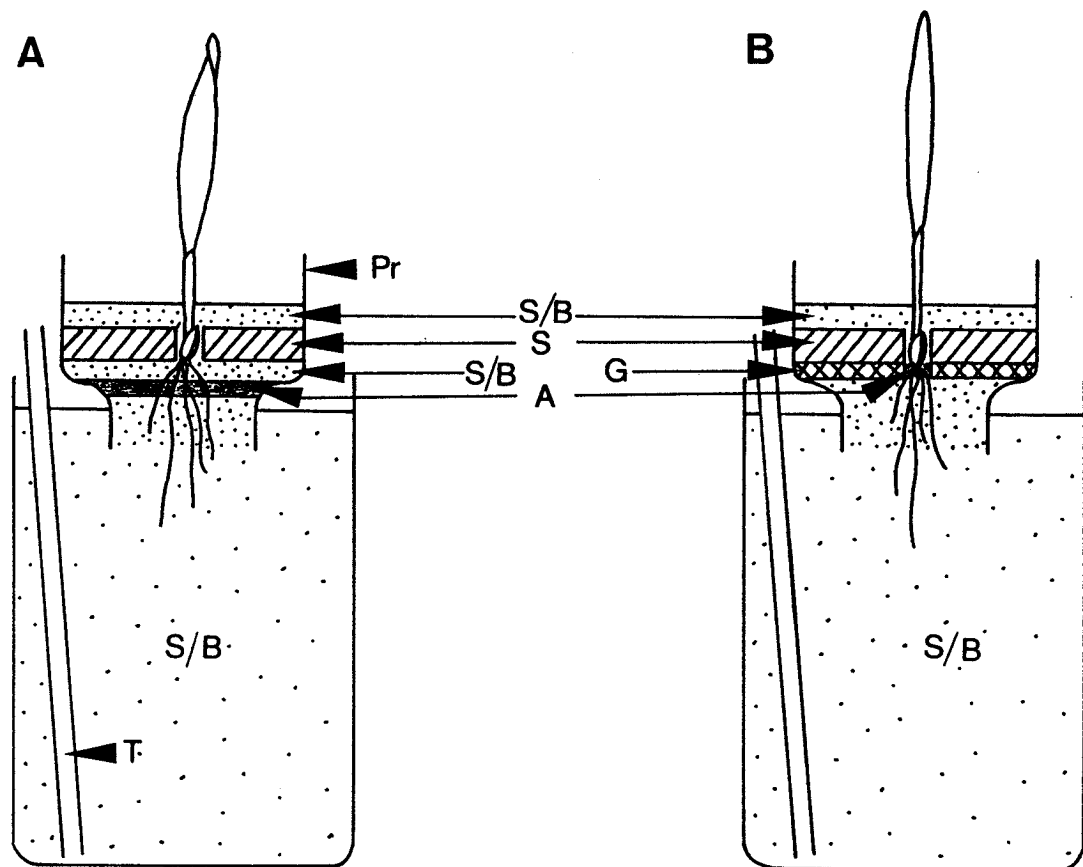


Abb. 11: Versuch in Sand/Boden zur Ausscheidung von Wirkstoff und/oder Metaboliten über die Wurzel.

Versuchsansatz **A**: Karyopsenbasis "frei"

Versuchsansatz **B**: Karyopsenbasis in Aktivkohle

Legende: A = Aktivkohle (gemahlen); S/B = Sand bzw. Boden; T = Teflonrohr;

Pr = halbiertes Plastikprobefläschchen (Gewindeseite in Sand/Boden);

G = Gummidichtung; S = Schaumstoff.

Zur Ernte wurden die Sprosse oberhalb der Karyopse abgeschnitten und nach Bestimmung der Frischmasse luftgetrocknet. Die Wurzeln wurden in Höhe des unteren Randes der Plastikfläschchen gekappt. Der Sand, der sich unterhalb der Sperrschichten (Aktivkohle bzw. Gummischeibe) noch im Flaschenhals befand, wurde nicht analysiert, weil ein mechanischer Eintrag von Aktivkohle und adsorbiertem Wirkstoff durch die Wurzel nicht ausgeschlossen werden konnte.

Die Wurzeln wurden mechanisch von Sand befreit, mehrfach in Petrischalen mit Wasser gewaschen, mit Cellulose Tuch abgetupft und nach Bestimmung der Frischmasse bei Raumtemperatur luftgetrocknet.

Der Sand wurde in Glastrichter über Stopfen aus Quarzwolle gefüllt, mit 350 - 400 ml Wasser mehrfach gewaschen und mit ca. 130 ml Dichlormethan nachgespült. Die vereinigten Wasser-Fractionen wurden zusammen mit der Dichlormethan-Fraktion bis zur Aufarbeitung bei -18 °C gelagert. In Vorversuchen konnte der Wirkstoff noch 1 h nach Einmischen in Quarzsand wieder zu 100 % durch Wasser im Gewichtsverhältnis 1 : 1 (Sand : Wasser) ausgewaschen werden. Zur Kontrolle wurde der Sand jedoch luftgetrocknet, 1 Stunde auf einer Schüttelmaschine homogenisiert, anschließend 20 Minuten gemahlen (Planeten-Schnellmühle Typ PM4, Fa. Retsch) und Aliquote verascht.

2.6.1.1.3 Versuch in Boden

Für diesen Versuch gelten - weitestgehend - die bereits unter 2.6.1.1.2 gemachten Ausführungen. Anstelle von Sand wurde Parabraunerde aus dem A_p-Horizont des Standortes Merzenhausen verwendet. Nach Trocknung (40 °C) wurden jeweils 300 g des gesiebten Bodens (< 5 mm) in Bechergläsern auf einen Wassergehalt von 50 % WK_{max} eingestellt (Abb. 11). Während des Versuches wurden die Evapotranspirationsverluste täglich mit Wasser über das Teflonrohr ausgeglichen.

Die Aufarbeitung bei Versuchsende erfolgte im wesentlichen analog zu der unter 2.6.1.1.2 beschriebenen Vorgehensweise. Die Wurzeln wurden zunächst mechanisch von anhaftendem Boden befreit und in Petrischalen mehrfach mit Wasser gewaschen. Nach Lufttrocknung wurden die vereinigten Bodenreste staubfein gemahlen und Aliquote zur Radioaktivitätsbestimmung verascht.

2.6.2 Versuch 6

Dieser Versuch sollte Informationen über die Pfade sowie die zeitliche Abfolge der Radioaktivitätsaufnahme in die Karyosen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste liefern.

2.6.2.1 Aussaat

Für dieses Experiment wurden [¹⁴C]Baytan-gebeizte Körner in einem 16 x 16 cm großen Gefäß mit Parabraunerde (< 5 mm) ausgesät. Vorab erfolgte eine Selektion der Körner auf Unversehrtheit, Intaktheit der Spelzen und möglichst homogene Beizmittelverteilung auf der Kornoberfläche. Das Gefäß war unten offen und stand in einem Wasserbad, so daß die Keimung bei etwa 100 % WK_{max} erfolgte.

2.6.2.2 Probenahme und Aufbereitung

Die Proben wurden 24, 48, und 72 Stunden sowie 7 (Stadium 11) und 12 Tage (Stadium 12) nach Aussaat genommen. Einige der zuletzt geernteten Pflanzen befanden sich bei der Probenahme noch zwischen dem Ein- und Zweiblatt-Stadium (11-12). Die Körner wurden von Sproß und Wurzeln getrennt und anhaftender Boden zunächst mechanisch entfernt. Anschließend wurden die Karyopsen mit Wasser und danach mit Dichlormethan gewaschen und bis zur Aufarbeitung bei -18 °C gelagert.

2.7 Radioaktivitätserfassung und Wirkstoffbestimmung

2.7.1 Veraschung und Radioaktivitätsmessung

Zur Veraschung wurden die Proben in ca. 300 mg Cellulose Tuch (Kimberly-Clark Corp.) gepreßt. Bei Bodenproben (500 mg) wurden zur quantitativen Oxidation des Kohlenstoffs 120 - 150 mg Cellulosepulver (Avicel, Merck) zugesetzt. Die Proben wurden im Sample Oxidizer (Packard 306) verascht, das CO_2 und $^{14}\text{CO}_2$ in 9 ml Carbo-sorb (Packard) absorbiert und mit 12 ml Permafluor-Szintillator (Packard) in Flüssigkeits-Szintillationsspektrometern (LSC; Packard TRI-CARB, 460C und 4530) gemessen.

1 ml- bzw. 5 ml-Aliquote von wäßrigen Phasen (Nährlösungen, Desorptionslösungen, Extraktionslösungen, Perkolate) wurden mit 10 ml Instagel im LSC gemessen. Proben in Methanol, Aceton oder Dichlormethan wurden nach Verdampfen des Lösungsmittels in 10 ml eines Szintillatorgemisches aus 7 g 2,5-Diphenyloxazol (PPO, Merck) und 0.3 g 2,2'-p-Phenylbis (4-methyl-5-phenyloxazol) (POPOP, Merck) pro Liter Toluol aufgenommen und im LSC gemessen. Die Quenchkorrektur im LSC erfolgte über externe Standardisierung und Proben-spezifische Eichreihen. Die Ausbeute des Sample Oxidizers sowie die Meßausbeute der LSC's (95 - 96 %) wurden kontinuierlich überprüft.

2.7.2 Extraktion von Pflanzenproben und wäßrigen Lösungen

Pflanzenmaterial (Blätter bzw. Endosperme) bis zu 1 g Frischmasse wurde dreimal in 10 ml eines Gemisches aus Methanol, Wasser und Ammoniak (25 %) (65 : 23 : 12 v/v/v) mit dem Ultra-Turrax (Typ TP 18/10; IKA-Werk Staufen, Janke & Kunkel GmbH & Co. KG) zerkleinert und extrahiert. Die vereinigten Extrakte wurden am Rotationsverdampfer bei 40 °C bis auf den wäßrigen Rest eingeeengt und anschließend dreimal mit 50 ml Dichlormethan ausgeschüttelt. Nach Trocknung über Natriumsulfat wurde der Radioaktivitätsgehalt in der Wasserphase bestimmt und der ^{14}C -Gehalt im Extraktionsrückstand durch Veraschung und Messung im LSC ermittelt. Die Dichlormethan-Phase wurde am Rotationsverdampfer eingeeengt, in Glasprobefläschchen

(Packard) überführt und der Rückstand nach vorsichtigem Abblasen des Lösungsmittels in 1 ml Dichlormethan aufgenommen. Zur Radioaktivitätsbestimmung wurden zwei Aliquote à 50 µl abpipettiert und der Rest für die Dünnschichtchromatographie verwendet. Die Ausbeute des Verfahrens wurde in 4facher Wiederholung mit 102.8 % (VK 2.5 %) bestimmt.

Die wäßrigen Phasen aus dem Klimakammerversuch (Nährlösungen, s. 2.6.1.1.1; Sandwaschungen, s. 2.6.1.1.2) wurden dreimal 6 Minuten gegen Dichlormethan im Verhältnis 1 : 2 (Dichlormethan : Wasser) ausgeschüttelt und die organische Phase über Natriumsulfat getrocknet. Die Radioaktivität der wäßrigen Phasen wurde jeweils vor und nach der Ausschüttelung bestimmt und aus der Differenz der Radioaktivitätsübergang in die organische Phase ermittelt. Für die dünnschichtchromatographische Auftrennung wurden die Dichlormethan-Phasen wie oben beschrieben eingengt.

2.7.3 Desorption von Bodenproben

Vier Aliquote von 30 - 60 g Frischboden (25 - 50 g Trockenboden) aus den Beizhöfen (Versuch 1) wurden mit aqua dest. auf doppelte WK_{max} aufgefüllt und in 250 ml Zentrifugenbechern bis zum Erreichen des Desorptionsplateaus, das vorab experimentell bestimmt wurde, 1 Stunde bei 160 U/min geschüttelt (Schüttelmaschine E.Bühler). Anschließend wurden die Proben bei ca. 29000 g zentrifugiert (Kühlzentrifuge WKF G50 K) und der Überstand abpipettiert. Zwei Aliquote à 1 ml wurden zur Radioaktivitätsmessung genommen und die übrige Wasserphase gefriergetrocknet (Gefrier-trocknung WKF L2). Die entnommenen Wassermengen wurden ergänzt und mindestens 2 weitere Desorptionsgänge durchgeführt. Danach wurde der Boden bei 40 °C getrocknet und 3 Aliquote à 500 mg verascht.

Die gefriergetrockneten Wasserphasen wurden in 1 ml Methanol aufgenommen, Schwebstoffe bei 12000 U/min in einer Tischzentrifuge (Hettich Micro Rapid, Typ 1305) sedimentiert und der klare Überstand dünnschichtchromatographisch auf Wirkstoffanteile untersucht.

2.7.4 Dünnschichtchromatographie

Je nach Radioaktivitätsgehalt wurden 25-100 µl der Methanol- bzw. Dichlormethan-Extrakte mit einem Linomat IV (Fa. Camag) auf DC-Fertigplatten (Kieselgel 60F-254, Schichtdicke 0.25 mm, Fa. Merck) aufgetragen. Die Platten wurden standardmäßig im Laufmittelsystem A und zu Kontrollzwecken zusätzlich im System B oder C entwickelt.

Zusammensetzung der Laufmittelsysteme:

A: Dichlormethan : Di-iso-propylether : Ethanol	(47.5 : 47.5 : 5 v/v/v)
B: Ethylacetat : Dichlormethan : Toluol : Ethanol	(50 : 25 : 20 : 5 v/v/v/v)
C: Dichlormethan : Di-iso-propylether : Aceton : Ethanol	(100 : 100 : 30 : 11.5 v/v/v/v)

Die Verteilung der radioaktiven Banden wurde mit einem TLC-Linear Analyzer (LB 2842) der Fa. Berthold erfaßt und die Flächenintegrale der Peaks mit spezieller Software (Chroma, Fa. Berthold) über einen IBM PC-XT quantifiziert. Die Zuordnung der Radioaktivität zu den Triadimenol-Diastereomeren A und B erfolgte cochromatographisch mit inaktivem KWG 0519 bzw. durch Referenzspuren von [^{14}C]Triadimenol. Die Lokalisation der Substanzzonen wurde autoradiographisch abgesichert.

2.7.5 Autoradiographie

2.7.5.1 Autoradiographie von Dünnschichtchromatographieplatten und ganzen Pflanzen

Für die Makroautoradiographie wurden DC-Platten und Pflanzen auf Strukturix DP 4 oder DP 7 (Agfa-Gevaert) bzw. Hyperfilm- β max (Amersham) exponiert. Die Pflanzen wurden zur Vermeidung chemographischer Artefakte mit einer 2 μm dicken Folie (Hostaphan RE 2.5, Fa. Hoechst) überspannt.

2.7.5.2 Autoradiographie von Kornhälften

Die aus dem Versuch 6 stammenden Karyopsen wurden nach Einbettung in Carboxymethylcellulose (6 g Carboxy-methylcellulose-Na-Salz in 100 ml Aqua dest.) im Gefriermikrotom (WK 1150, WKF) geschnitten. Zur Exposition kamen Kornhälften in eine doppelte Lage Schaumstoff, die auf einen Objektträger geklebt war. Die obere Lage besaß zwei runde Aussparungen zur Aufnahme der eingebetteten Karyopsen (Abb. 12). Ein auf einem zweiten Objektträger montierter Filmstreifen (Strukturix DP 4, Agfa-Gevaert) wurde über die Karyopsen gebracht und mit Schraubklemmen ange-drückt. Die Expositionszeit betrug 3 - 8 Tage. Alle Arbeitsschritte wurden bei -20°C durchgeführt.

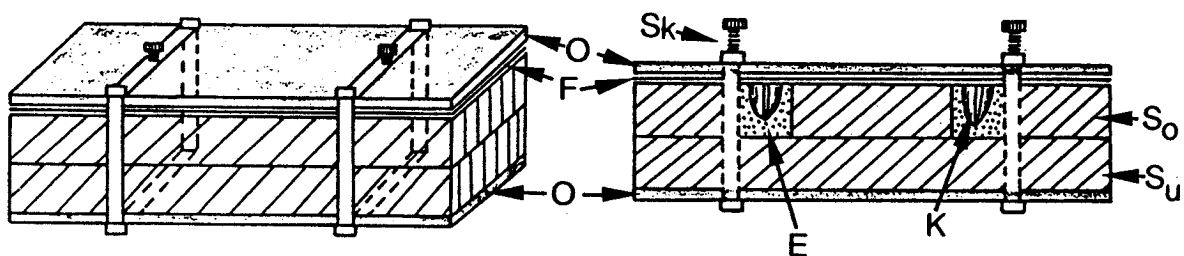


Abb. 12: Anordnung zur Autoradiographie der Anschnittfläche kompletter Kornhälften.

Legende: O = Objektträger; F = Film; Sk = Schraubklemme; S_o = obere Schaumstofflage; S_u = untere Schaumstofflage; E = Einbettungsmaterial; K = Karyopse.

2.8 Klimadatenerfassung

Im Freilandlysimeterversuch (Versuch 1) wurden die Bodentemperaturen in 2.5, 5.0 und 10 cm Tiefe mit Widerstandsthermometern (PT 100, Fa. Heraeus) gemessen. Zur Erfassung der Bodenfeuchte in 10 cm Tiefe dienten Tensiometer (Fa. Thies Clima) mit Druckmanometern und piezoresistiven Drucksensoren (Fa. Honeywell). Die Bodentemperatur- und Bodenfeuchtegänge wurden kontinuierlich auf einem Kompensationsschreiber (Fa. Hartmann und Braun) bzw. auf einem Kompensographen (Fa. Siemens) aufgezeichnet. Gleichzeitig wurden im Zwei-Stundenrhythmus Meßwerte über eine Digizet-Anlage (Fa. Siemens) ausgegeben und aus diesen später die Tagesmittelwerte generiert. Eine gravimetrische Ermittlung des Wassergehaltes in der 0 - 10 cm-Bodenschicht erfolgte außerdem zu den jeweiligen Probenahmetermi-
nen (Tab. 8). Bei einsetzender Frostgefahr wurden die Tensiometermessungen ausgesetzt, so daß kontinuierliche Messungen nur für die frühgesäten Versuchsvarianten (Versuch 1; 19. Sept. 1985) zur Verfügung standen. Lufttemperatur-, Luftfeuchte-, und Niederschlagswerte stellte die meteorologische Station der KFA Jülich zur Verfügung.

Für den Lysimeterversuch im Gewächshaus (Versuch 3) wurden die Temperaturen des Bodens in 5 und 10 cm Tiefe (s.o.) sowie die Umgebungstemperaturen in 20 cm über Krumenniveau gemessen (PT 100, Fa. Heraeus) und auf dem Kompensationsschreiber registriert. Für die Bildung von Tagesmitteltemperaturen fanden nur die Meßwerte um 7:00, 14:00, und 21:00 Berücksichtigung. Zu vier verschiedenen Terminen wurde die Bodenfeuchte in 3 - 4 und 7 - 8 cm Tiefe gravimetrisch bestimmt.

2.9 Datenverarbeitung und Statistik

Die Rohdaten wurden zunächst über speziell entwickelte Programme auf einem PDP-11/34A Rechner (DEC) des Institutes für Radioagronomie verarbeitet. Weitergehende Berechnungen sowie die Auswertung der Desorptionsstudien erfolgte über das Programm Multiplan (Microsoft) auf einem IBM PC-PS/2 (Modell 60). Sämtliche statistischen Auswertungen wurden auf einer IBM 3081 Großrechenanlage des Zentralinstitutes für Angewandte Mathematik (ZAM) der KFA Jülich mit Prozeduren aus der Programmbibliothek SAS (Statistical Analysis Software) durchgeführt.

Radioaktivitätswerte sind auf der Basis der mittleren Einzelkornapplikation angegeben und über die spezifische Radioaktivität in Wirkstoffäquivalente bzw. Wirkstoff umgerechnet.

Da aus der Analyse der Wirkstoffverteilung (Wahrscheinlichkeitsnetz; Normal Probability Plot und Chi-Quadrat-Test, SAS), die den FS-gebeizten Körnern zugrundelag, nicht auf eine normalverteilte Grundgesamtheit (Gesamtheit aller gebeizten Körner) geschlossen werden konnte, erwies sich das arithmetische Mittel

als ungeeignete Bezugsgröße für die mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste. Die Verwendung der Flüssigformulierung führte im Hinblick auf die Wirkstoffbeladung der Einzelkörner zu einer asymmetrischen, d.h. rechtsschiefen bzw. linksgipfligen Häufigkeitsverteilung, so daß für die Lageparameter $\bar{x}$ (arithmetisches Mittel) und Z (Median) die Beziehung $\bar{x} > Z$ gilt.

Der Verlauf der Summenprozentkurve der Verteilung im Wahrscheinlichkeitsnetz ließ zunächst auf eine log-Normalverteilung schließen, was sich nach Logarithmierung der Einzelkornwerte und erneuter Überprüfung statistisch nicht bestätigen ließ. Aus Abb. 13 kann man jedoch ersehen, daß sich bei Einteilung der Wirkstoffgehalte/Korn in äquidistante Häufigkeitsklassen der Verlauf des entstehenden Histogramms nach logarithmischer Transformation der Ausgangsdaten eher an eine Normalverteilung anpassen läßt als bei Verwendung der nicht logarithmierten Ursprungswerte. Als "Ausreißer" erwiesen sich stets die überbeizten Körner. Diese dürfen allerdings nicht aus der Betrachtung ausgeschlossen werden, da sie integraler Bestandteil der Beizung und der darauf aufbauenden Versuche sind (s. 3.1 und 4.1).

Der Median ist im Gegensatz zum arithmetischen Mittel für "Ausreißer" am Rande einer Verteilung weniger empfindlich (Köhler et al., 1984) und stellt ferner einen guten Schätzwert für das $\bar{x}$ der zugehörigen log-Normalverteilung dar (Jansen, pers. Mitteilung). Daher wurde im Falle der Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS der Median aus 200 analysierten Körnern (Tab. 6) als mittlerer Applikationswert angesetzt, die aus den Probenahmen ermittelten Medianwerte darauf bezogen und in "% der applizierten Radioaktivität" angegeben. Der Streubereich wurde durch das 1/4- bzw. 3/4-Quartil angegeben. Die Quartile unterteilen die nach Größe geordnete Folge von Einzelwerten in vier gleich große Häufigkeitsbereiche, so daß genau 25 % aller Werte unterhalb von 1/4 Q und 25 % aller Werte oberhalb von 3/4 Q in dem Intervall 1/4 Q - 3/4 Q (Interquartilsabstand I_{50}) liegen.

Für die Beizung mit [^{14}C]Baytan 25 DS wurde nach graphischer Überprüfung (Normal Probability Plot, SAS; Wahrscheinlichkeitsnetz) eine normalverteilte Grundgesamtheit (Gesamtheit aller trockengebeizten Karyopsen) unterstellt. In diesem Falle, wie auch bei allen Auswertungen, die sich nicht auf die mittlere applizierte Radioaktivität bzw. auf die Angabe von Wirkstoffäquivalenten beziehen, erfolgte die Berechnung von arithmetischen Mitteln ($\bar{x}$) und Standardabweichungen (s) bzw. Variationskoeffizienten (VK).

In den Lysimetern mit alternierender Ablage von radioaktiv- und nicht-radioaktiv-gebeizter Wintergerste wurden die Sproßaufnahmeraten und Konzentrationen der Wirkstoffäquivalente durch Addition der mittleren Radioaktivitätsgehalte in Pflanzen aus markiert- und nicht markiert-gebeizten Karyopsen ermittelt. Auf der Grundlage dieses Summenwertes (100 %) wurde die Radioaktivitätsaufnahme aus Beizhöfen von

Nachbarpflanzen berechnet. Die Variationsangaben (1/4Q, 3/4Q) entstammten den Mittelwertsberechnungen für die Pflanzenproben aus ^{14}C -gebeiztem Saatgut.

Parameterfreie Verfahren zum Vergleich von Stichprobenmittelwerten

Der statistische Vergleich der Mediane aus Stichproben der mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen erfolgte als parameterfreies Verfahren der "Varianzanalyse" zunächst mit dem H-Test nach Kruskal-Wallis und anschließend als multipler Mittelwertvergleich mit dem Wilcoxon-Test (Wilcoxon rank-sum test).

Außerdem wurden die Daten nach logarithmischer Transformation nochmals parametrisch mit dem F-Test, im Zwei-Stichprobenfalle mittels t-Test und zum multiplen Mittelwertvergleich mit Hilfe des Tukey-Tests (Tukey's studentized range test) und/oder des Duncan-Tests (Duncan's multiple range test) überprüft. Die gefundenen Signifikanzen wurden mit denen aus der parameterfreien Statistik verglichen. Dabei zeigte sich in nahezu allen Fällen eine Übereinstimmung der einerseits mit Hilfe parametrischer und andererseits mit Hilfe parameterfreier Verfahren gefundenen Stichprobenunterschiede.

Zum Vergleich der Stichproben aus der Beizung mit [^{14}C]Baytan 25 DS und der Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS wurde wie oben beschrieben verfahren. Aufgrund der normalverteilten Wirkstoffbeladung entfiel für die trockengebeizten Karyopsen vor Anwendung des F- bzw. t-Tests die logarithmische Transformation.

Als Signifikanzniveau wurde bei allen statistischen Untersuchungen eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0.05$ gewählt.

Die Signifikanzen aus den statistischen Mittelwertvergleichen decken sich nicht in allen Fällen mit den Signifikanzen, die man auf den ersten Blick erwarten würde. Die wesentliche Ursache für solche Diskrepanzen dürfte vor allem darin liegen, daß die Stichprobenumfänge für die Auswertung von stärker streuenden Daten aus Versuchen mit FS-gebeizten Körnern bisweilen zu gering waren. Ab einem Stichprobenumfang von $n \geq 20$ konnten derartige Unstimmigkeiten nicht mehr beobachtet werden.

Parametrische Verfahren zum Vergleich von Stichprobenmittelwerten

In allen Fällen, in denen arithmetische Mittelwerte ($\bar{x}$) untereinander verglichen wurden, geschah dies mit dem t-Test. Waren mehr als zwei Stichproben an dem Vergleich beteiligt, erfolgte nach der Varianzanalyse ein multipler Vergleich mit Hilfe des Tukey- und/oder des Duncan-Tests.

3 Ergebnisse

3.1 Radioaktivität am Korn nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS und [^{14}C]Baytan 25 DS

Verglichen mit DS-Formulierungen hat die Beizung mit FS-Formulierungen den Vorteil der besseren Haftung am Korn, so daß Wirkstoffverluste minimiert werden. Gleichzeitig ist jedoch die Nachverteilung des Wirkstoffes während des Beizvorganges eingeschränkt, was zu einem inhomogeneren Beizbild führen kann. Tab. 6 spiegelt diese Eigenschaften der Formulierungen wider. So ergab sich in den hier durchgeführten Versuchen für die DS-Formulierung ein relativ niedriger Beizgrad (80 %) bei gleichzeitig geringer Standardabweichung der mittleren Wirkstoffmenge/Korn. Im Falle der FS-Formulierung sind die Verhältnisse genau umgekehrt. Der Beizgrad betrug fast 100 %, während der Variationskoeffizient der Radioaktivität/Korn bei 70.1 % lag.

Aus Abb. 13 A ist zu ersehen, daß sich selbst bei der hier im Labormaßstab durchgeführten Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS die Häufigkeitsverteilung der [^{14}C]Triadimenol-Gehalte/Korn (Einzelkornverteilung) nicht ohne weiteres an eine Normalverteilung anpassen ließ. Auch nach logarithmischer Transformation waren die Werte statistisch nicht als log-Normalverteilung zu spezifizieren (Abb. 13 B). Erst nachdem 10 - 15 % der am stärksten überbeizten Karyopsen aus der Analyse eliminiert wurden, konnte diese unterstellt (Abb. 13 C) und damit der mittlere Wirkstoffgehalt/Korn durch das arithmetische Mittel ($\bar{x}$) ausgedrückt werden. Diese Vorgehensweise war jedoch für die korrekte Ermittlung einer durchschnittlich pro Korn applizierten Radioaktivitäts- bzw. Wirkstoffmenge, die zudem für die Gesamtheit aller Karyopsen repräsentativ sein sollte, nicht zulässig. Außerdem tauchten in den meisten Stichproben der Versuche zwangsläufig auch wieder die Pflanzen von stark überbeizten Karyopsen auf und mußten z.B. bei der Bestimmung der mittleren Radioaktivitätsaufnahmen berücksichtigt werden. Nicht zuletzt wegen der Wirklichkeitsnähe der hier durchgeführten Experimente durfte der Anteil an stark überbeiztem Saatgut nicht außer acht gelassen werden, denn auch unter Praxisbedingungen werden Überbeizungen bis zum 8fachen des Mittelwertes einer behandelten Partie beobachtet (Thielert, pers. Mitteilung).

Weite Teile der Versuchsauswertung basierten darauf, daß die in den Pflanzen bzw. Pflanzenfraktionen ermittelten Radioaktivitätsgehalte auf eine durchschnittlich pro Korn applizierte Radioaktivitäts- bzw. Wirkstoffmenge bezogen wurden. In den Versuchen mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste erwies sich der Median (Z) als geeignete Bezugsgröße der mittleren ^{14}C -Applikation/Korn.

Tab. 6: Radioaktivitäts- und Wirkstoffgehalt von Wintergerstensaatzgut nach Beizung mit ^{14}C Baytan 075 FS bzw. ^{14}C Baytan 25 DS.

Empfohlene Aufwandmenge/ dt Saatgut	Spezifische Aktivität	Sorte /TKG	Eingesetzte Wirkstoffmenge	Radioaktivität pro Korn	Wirkstoff pro Korn	Empfohlene bzw. erreichte Wirkstoffmenge/ dt Saatgut	Beizgrad nach Einzelkornanalyse
	$\mu\text{Ci}/\text{mg}$ kBq/mg		mg μCi MBq	$\bar{x}$ μCi kBq s VK [%]	$\bar{x}$ μg s	g	%
150 g Baytan 25 DS	69.76 2581	Vogelsanger Gold '84 43 g	12.26 855 31.6	0.93 34.41 0.13 4.81 14.3	13.3 1.9	37.5 30.0	80.0
500 ml Baytan 075 FS	69.76 2581	Vogelsanger Gold '84 43 g	47.3 3299 122.1	1.26 46.78 0.89 32.77 70.1	18.1 12.7	37.5 37.3	99.6
				Median 1.02 37.70	Median 14.6 12.5	1/4 Q 0.87 32.39	3/4 Q 1.29 47.66

Die Berechnung der mittleren Wirkstoff- bzw. Radioaktivitätsapplikation erfolgte im Falle der Beizung in der Formulierung als

1. Baytan 075 FS aus $n = 200$ Karyopsen
2. Baytan 25 DS aus $n = 94$ Karyopsen.

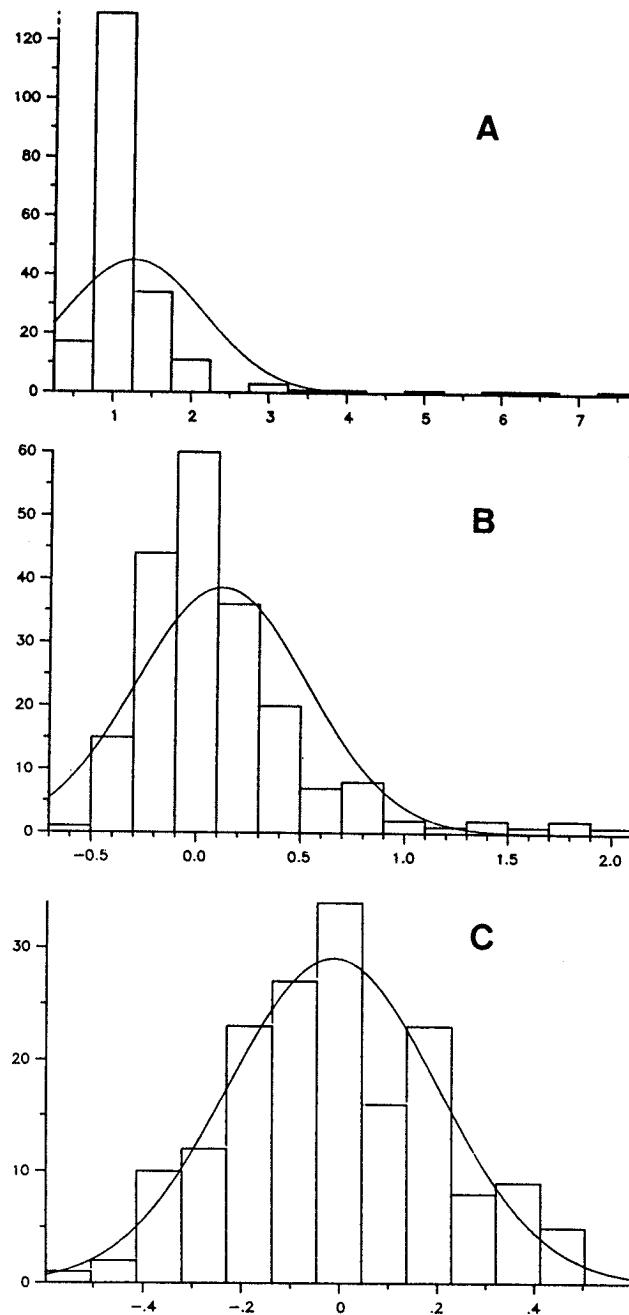


Abb. 13:

Häufigkeitsverteilung der ^{14}C -Gehalte/Korn nach Beizung von Wintergerste mit [^{14}C]Baytan 075 FS.

Vergleich der empirischen Häufigkeitsverteilung (Histogramm äquidistanter Häufigkeitsklassen) mit der theoretischen Normalverteilung;

A: 200 Karyopsen, nicht logarithmiert;

B: 200 Karyopsen, logarithmiert;

C: 170 Karyopsen, logarithmiert (nach Eliminierung der 30 am stärksten überbeizten Karyopsen).

Abszissen-Skalierung: Radioaktivität/Korn bzw. $\log(\text{Radioaktivität/Korn})$

Ordinaten-Skalierung: Häufigkeit der beobachteten Werte einer Klasse

Allerdings war es für die Ermittlung *relativer* Radioaktivitätsaufnahmen (% der applizierten Radioaktivität) in der Regel unerheblich, ob mit dem arithmetischen Mittel ($\bar{x}$) oder dem Median (Z) der Beizung¹⁾ als Mittelwert der ^{14}C -Gehalte/Korn gerechnet wurde, solange nur der analoge Mittelwert, $\bar{x}$ bzw. Z, der ^{14}C -Gehalte von Stichproben der Wintergerste darauf bezogen wurde. Der Grund lag darin, daß sich die Radioaktivitätsverteilung im [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Saatgut¹⁾ weitestgehend in den ^{14}C -Gehalten der daraus hervorgegangenen Wintergerstenpflanzen widerspiegelte. Damit verhielten sich auch $\bar{x}$ und Z in der Beizung¹⁾ und in den Stichproben von Versuchspflanzen, bezüglich ihrer relativen Lage zueinander, überwiegend gleich, so daß sich aus jeweils analogen Mittelwerten auch gleiche *relative* ^{14}C -Aufnahmen errechneten. Mit anderen Worten entsprachen sich $\bar{X}_{\text{Stichprobe}}^{2)}/\bar{X}_{\text{Beizung}}^{1)}$ und $Z_{\text{Stichprobe}}^{2)}/Z_{\text{Beizung}}^{1)}$. Andernfalls wurde meistens eine größere Anzahl stärker überbeizter Karyopsen in den Stichproben nachgewiesen, wobei sich in solchen Fällen der Median gegenüber dem arithmetischen Mittel als der geeignetere Wert zur Beschreibung eines Probendurchschnittes erwies.

Bei der Ermittlung von Wirkstoffäquivalenten wurden die Radioaktivitätsgehalte in den Versuchspflanzen nicht auf einen mittleren ^{14}C -Applikationswert, sondern auf die spezifische Radioaktivität bezogen. Infolge der rechtsschiefen Verteilung (Abb. 13 A) gaben die durch ein arithmetisches Mittel charakterisierten Stichproben jeweils einen größeren Gehalt an Wirkstoff bzw. Wirkstoffäquivalenten wieder als es bei Angabe der Stichprobenmediane der Fall war, so daß auch hier der Median ein realistischeres Bild von den mittleren Verhältnissen in einer Stichprobe vermittelte.

Im Versuch 1 mußte zur Erstellung der Bilanzen (Tab. 7) von der Verwendung der Medianwerte abgesehen werden, da der Boden als Sammelprobe verarbeitet und nur ein einziger Radioaktivitätswert ermittelt wurde. Die überbeizten Karyopsen gingen also in den Radioaktivitätswert des Bodens ein, ohne daß sie über eine Medianberechnung hätten "gewichtet" werden können. Demzufolge wurde zu Bilanzierungszwecken auf die arithmetischen Mittel der Beizung¹⁾ und der Stichproben zurückgegriffen.

¹⁾ Gemeint ist die Häufigkeitsverteilung der ^{14}C -Gehalte/Korn im gebeizten Saatgut (Abb. 13) bzw. der mittlere ^{14}C -Gehalt/Korn, ausgedrückt als $\bar{x}$ oder Z.

²⁾ Gemeint ist der mittlere Radioaktivitätsgehalt einer beliebigen Stichprobe von Pflanzen(fractionen), ausgedrückt als $\bar{x}$ oder Z.

3.2 Radioaktivität und [^{14}C]Triadimenol in Pflanze und Boden in Abhängigkeit vom Saattermin, der Bodenfeuchte und der Formulierung des Wirkstoffes. Freilandlysimeterversuch mit ungestörten Monolithen (Versuch 1).

3.2.1 Versuchsbeschreibung

In einem Freilandlysimeterversuch mit ungestörten Monolithen einer Parabraunerde aus Löß wurde der Einfluß des Saatzeitpunktes (Früh-/Spätsaat), der Bodenfeuchte und der Beizformulierung auf das Verhalten von [^{14}C]Triadimenol in Wintergerstpflanzen und Boden untersucht. Von den natürlichen Witterungsverhältnissen (STANDARD = STD) abweichend, wurde nach der Saat durch künstliche Niederschläge eine Regenperiode (FEUCHT = FEU) simuliert und eine Trockenperiode (TROCKEN = TRO) durch Abdeckung einzelner Lysimeter induziert. Um einer Verschlämmung des Bodens und damit einem ungenügenden Feldaufgang vorzubeugen, setzte die Beregnung erst mit dem Auflaufen der Keimpflanzen (Stadium 10) ein.

Der Beobachtungszeitraum erstreckte sich bis zur Bestockung des Getreides (22 - 23). Der Verlauf der Radioaktivitätsaufnahme wurde durch fünf Probenahmen in jeder Versuchsvariante erfaßt und die Wirkstoffgehalte zu jeweils drei Entwicklungsstadien bestimmt.

Bei dem Vergleich der Flüssigformulierung mit der Trockenformulierung beschränkten sich die Analysen auf die Bestimmung der Radioaktivität in Pflanze und Boden. Da beide Formulierungen unter identischen Bedingungen (STD) getestet wurden, war ein divergierendes Verhalten des Wirkstoffes in der Pflanze (Metabolisierung) nicht zu erwarten.

Mit Hilfe der Desorption von Bodenproben aus dem Bereich der Beizhöfe sollten Hinweise auf eventuelle Änderungen der Triadimenol-Verfügbarkeit zwischen Feldaufgang und Bestockung erarbeitet werden.

3.2.2 Radioaktivitätsbilanzen

In Tab. 7 sind die Wiederfindungsraten in den mit [^{14}C]Baytan 075 FS bzw. [^{14}C]Baytan 25 DS gebeizten Lysimetervarianten angegeben. Dabei wiesen die Bilanzen nach Trockenbeizung untereinander erwartungsgemäß eine größere Ausgeglichenheit auf als die flüssiggebeizten Varianten. Sie schwankten nur gering um einen mittleren Wert von $97.8 \pm 6.1 \%$ nach Frühsaat bzw. $92.9 \pm 2.9 \%$ nach Spätsaat, wohingegen sich nach Flüssigbeizung die Überbeizung einzelner Karyopsen mit [^{14}C]Triadimenol durchaus in hohen Bilanzsummen niederschlagen konnte. Dabei sind für die Größenordnung der Bilanzsumme die Karyopsen- und Bodendaten bestimmend. Sie korrespondieren insofern, als z.B. die Radioaktivitätsabträge überbeizter Karyopsen zwangsläufig als hohe ^{14}C -Gehalte des Bodens wieder auftau-

Tab. 7: Radioaktivitätsbilanzen nach ^{14}C -Bestimmung in Wintergerstenpflanzen (Sprosse, Wurzeln, Karyopsen) und Boden des Freilandlysimeterversuchs mit ungestörten Monolithen.

- Versuch 1 -

Alle Berechnungen erfolgten auf der Grundlage arithmetischer Mittelwerte.

Beizung Behandlung	Frühsaat (I) 19. Sept. 1985				Spätsaat (II) 10. Okt. 1985			
	Baytan 075 FS				Baytan 075 FS			
	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO	Standard STD	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO	Standard STD
Stadium	Wiederfindungsraten in % der applizierten Radioaktivität							
10-11	104.4	99.7	109.0	100.4	92.2	95.3	123.9*	93.6
11-12	98.9	109.3♦	83.0	101.8	99.0	89.0	77.5	91.9
12-13	77.2	84.2	88.6	87.6	95.9	107.1♦	131.3*	97.6
21	104.5♦	78.3	96.5	81.4	114.8♦	82.6	94.6	91.6
22-23	103.6	95.9	96.6	102.5	80.1	63.0	81.5	90.0

* : Überbeizte Karyopsen nachweisbar

♦ : Hohe Radioaktivitätsgehalte im Boden (s. Tab. 16)

chen. Entsprechend führte dies in den flüssiggebeizten Varianten zwischen den Probenahmeterminen zu teilweise stärker variierenden ^{14}C -Gehalten im Boden, während sie im Falle der Trockenbeizung kontinuierlich mit der Versuchsdauer anstiegen (Tab. 16). Andererseits konnten aber auch als Folge fehlender Niederschläge und niedriger Bodenfeuchten (TRO) die Wirkstoffübergänge in den Boden vermindert sein, so daß z.B. überbeizte Karyopsen ein stärkeres Gewicht in der Bilanz erhielten. Auf diese Zusammenhänge wird in Tab. 7 gesondert hingewiesen.

3.2.3 Ergebnisse nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS

3.2.3.1 Witterung, Pflanzenwachstum, Bodentemperatur und Bodenfeuchte

Trotz der geringen Niederschläge zwischen Ende September und Anfang November (Abb. 19) führte die Überdachung der TRO-Lysimeter gegenüber den natürlichen Verhältnissen (STD) zu verminderten Bodenfeuchten (Tab. 8; Abb. 14 und 15). Gleichzeitig ergaben sich bei geringeren Wassergehalten im Boden auch höhere Temperaturen vor allem in 10 cm Tiefe (Abb. 16 und 17). Während die Bodenfeuchten der frühgesäten Lysimetervarianten zu allen Entwicklungsstadien auf deutlich unterschiedlichem Niveau lagen, glichen sich unter Spätsaatbedingungen in der zweiten Hälfte des Versuchszeitraumes die Wassergehalte der Böden als Folge zunehmender Niederschläge einander an.

Tab. 8: Wassergehalte in 0 - 10 cm Bodentiefe der Lysimetervarianten nach Aussaat von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste.

Beizung	Frühsaat (I) 19. Sept. 1985			Spätsaat (II) 10. Okt. 1985		
	Baytan 075 FS			Baytan 075 FS		
	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO
Dauer der Behandlung	19. Sept. - 11. Okt.	23. Sept. - 2. Okt.	20. Sept. - 13. Okt.	10. Okt. - 20. Dez.	18. Okt. - 27. Okt.	10. Okt. - 7. Nov.
Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat / % der WK_{max}					
10 - 11	25. Sept./44.0	24. Sept./50.0	25. Sept./42.8	20. Okt./42.2	20. Okt./47.8	20. Okt./32.1
11 - 12	28. Sept./43.0	27. Sept./55.3	27. Sept./35.8	30. Okt./40.1	30. Okt./50.6	28. Okt./27.9
12 - 13	3. Okt./37.8	3. Okt./51.2	4. Okt./27.5	11. Nov./48.7	13. Nov./45.9	11. Nov./39.2
21	6. Okt./35.1	14. Okt./40.7	21. Okt./25.6	6. Dez./53.1	9. Dez./56.3	9. Dez./55.4
22 - 23	11. Okt./36.8	21. Okt./43.9	24. Okt./22.9	20. Dez./48.0	23. Dez./50.6	23. Dez./42.0

Nach der Fröhsaat sank der mittlere Wassergehalt im oberen Krumenbereich (0 - 10 cm) des STD-Lysimeters infolge der vereinzelt fallenden Niederschlüge nicht unter 35 % WK_{max} . Dagegen sackte er unter den TRO-Bedingungen anfänglich rasch ab und lag zur 3. Probenahme (12 - 13) bei nur etwa 28 % WK_{max} . In diesem Feuchtigkeitsbereich nahm offenbar die Wasserleitfähigkeit der oberen, etwa 1 cm dünnen, stark ausgetrockneten Bodenschicht sprunghaft ab, so daß in den darauffolgenden 3 Wochen nur noch ein sehr langsamer Wasserverlust stattfand. Aus der Übereinstimmung der gravimetrischen (0 - 10 cm Bodenschicht) und Tensiometer-gestützten Feuchtebestimmung (10 cm Bodentiefe) geht hervor, daß sich infolge der guten Kapillarität und kontinuierlichen Wassernachlieferung des schluffreichen Bodens kein deutlicher Feuchtegradient zwischen Saathorizont und 10 cm Bodentiefe ausgebildet haben konnte. Ähnliche Beobachtungen wurden an der gleichen Parabraunerde nach Untersuchungen mit tritiiertem Wasser (HTO) gemacht (Schulte, 1984). Bei Ende des Versuchs, 35 Tage nach der Fröhsaat, lag der Wassergehalt mit ca. 23 % WK_{max} nahe dem permanenten Welkepunkt.

Generell ergab sich - unabhängig von der Feuchtevariante - eine Übereinstimmung zwischen der gravimetrischen Wassergehaltsbestimmungen in der 0 - 10 cm Bodenschicht und den Tensiometermessungen in 10 cm Bodentiefe. Die hohen Bodenwassergehalte, die aufgrund der Beregnung in der frühgesäten FEU-Variante auftraten (Abb. 14 B, 28. Sept. - 10. Okt. 1985), konnten allerdings von dem dort installierten Tensiometer nicht mehr differenziert registriert werden. Auf derartige Einschränkungen bei der indirekten Bestimmung der Bodenfeuchte mit Tensiometern wurde bereits in anderen Arbeiten hingewiesen (Hansper, 1986).

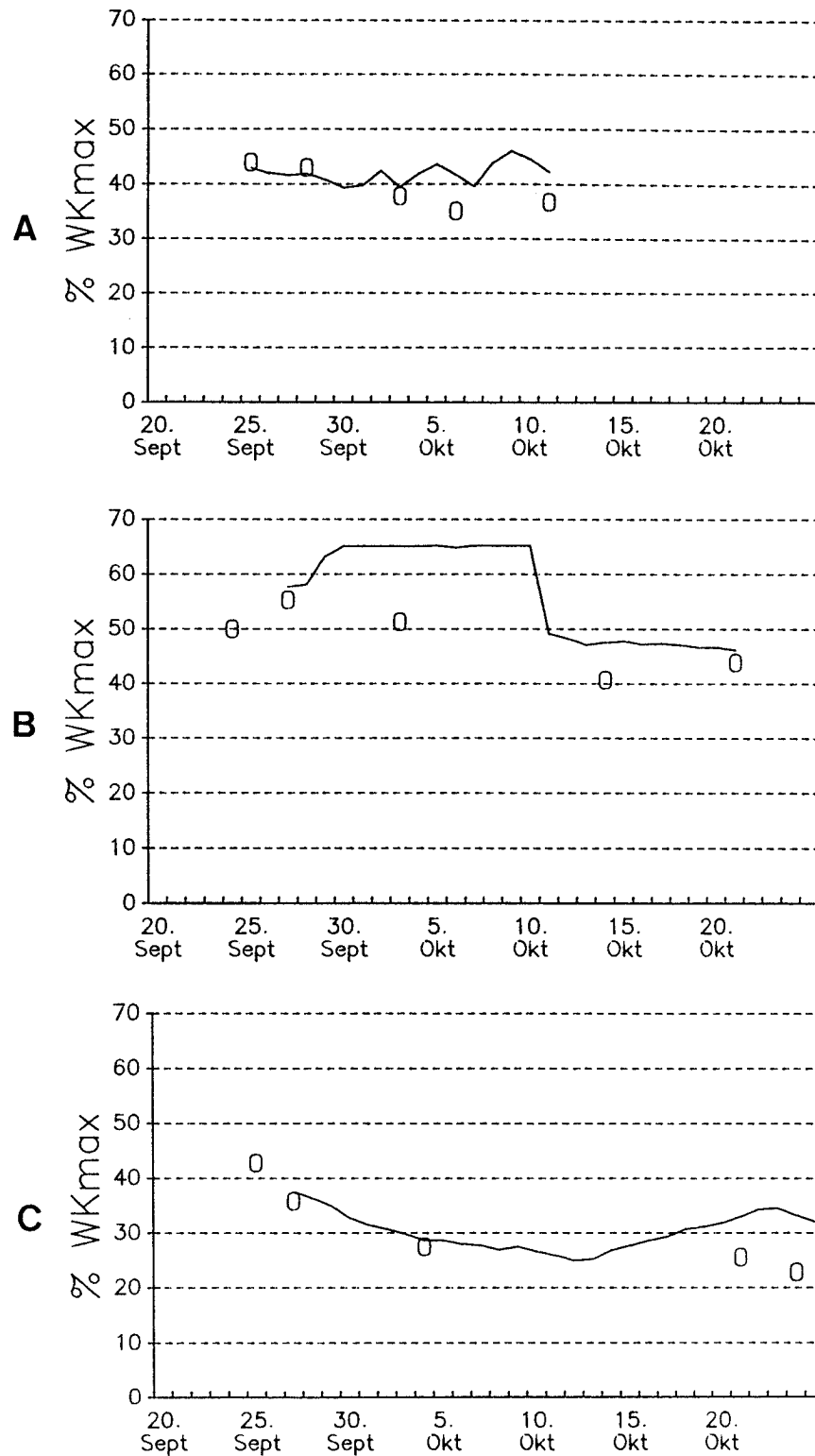


Abb. 14:

Wassergehalte im Boden nach Fröhsaat von Wintergerste:
Standard (A), Feucht (B) und Trocken (C).

— : Tensiometermessung in 10 cm Bodentiefe

o : Gravimetrische Messungen der 0 - 10 cm Bodenschicht

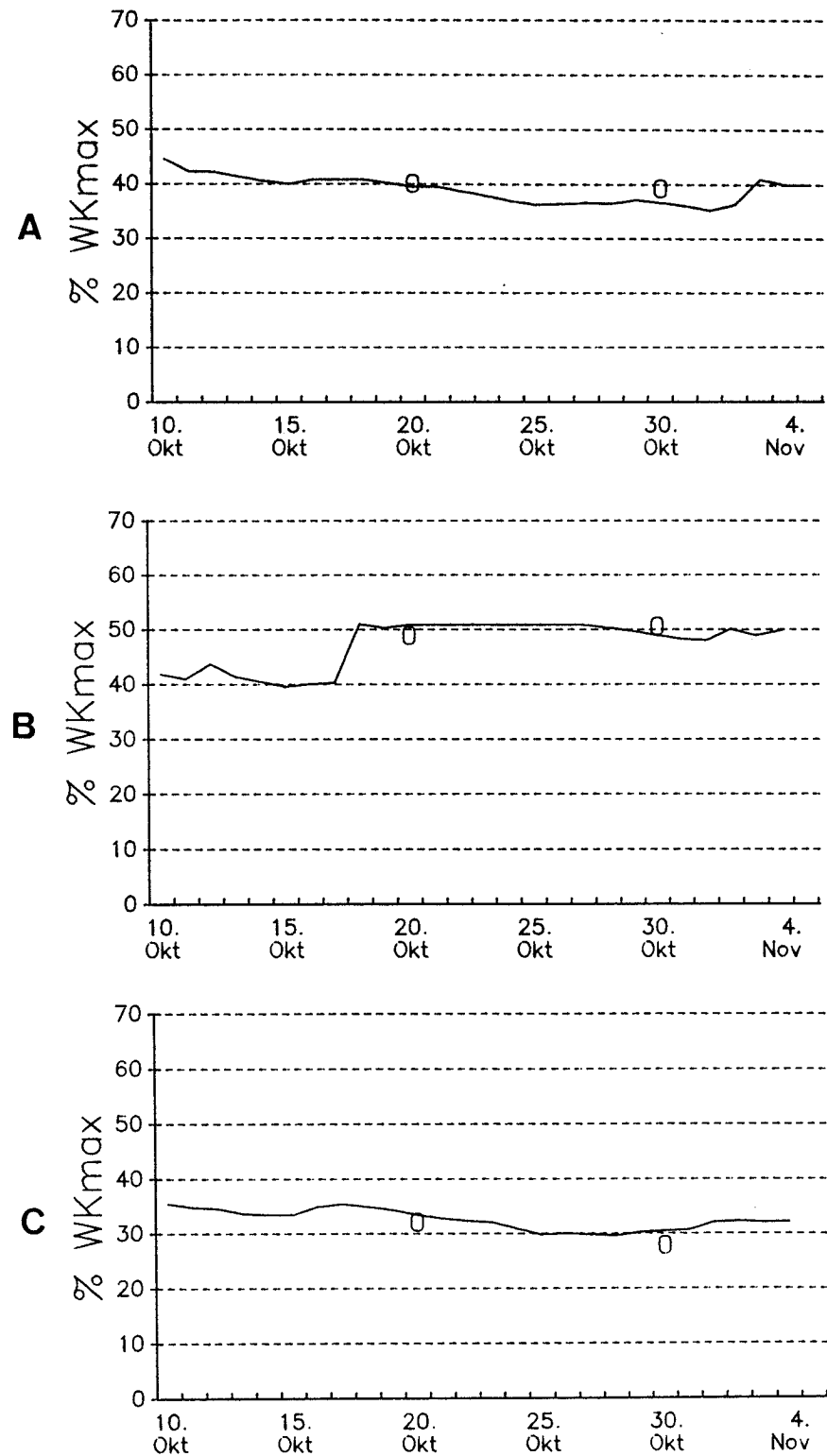


Abb. 15:

Wassergehalte im Boden zu Beginn der Versuche mit spätgesäter Wintergerste:

Standard (A), Feucht (B) und Trocken (C).

— : Tensiometermessung in 10 cm Bodentiefe

○ : Gravimetrische Messungen der 0 - 10 cm Bodenschicht

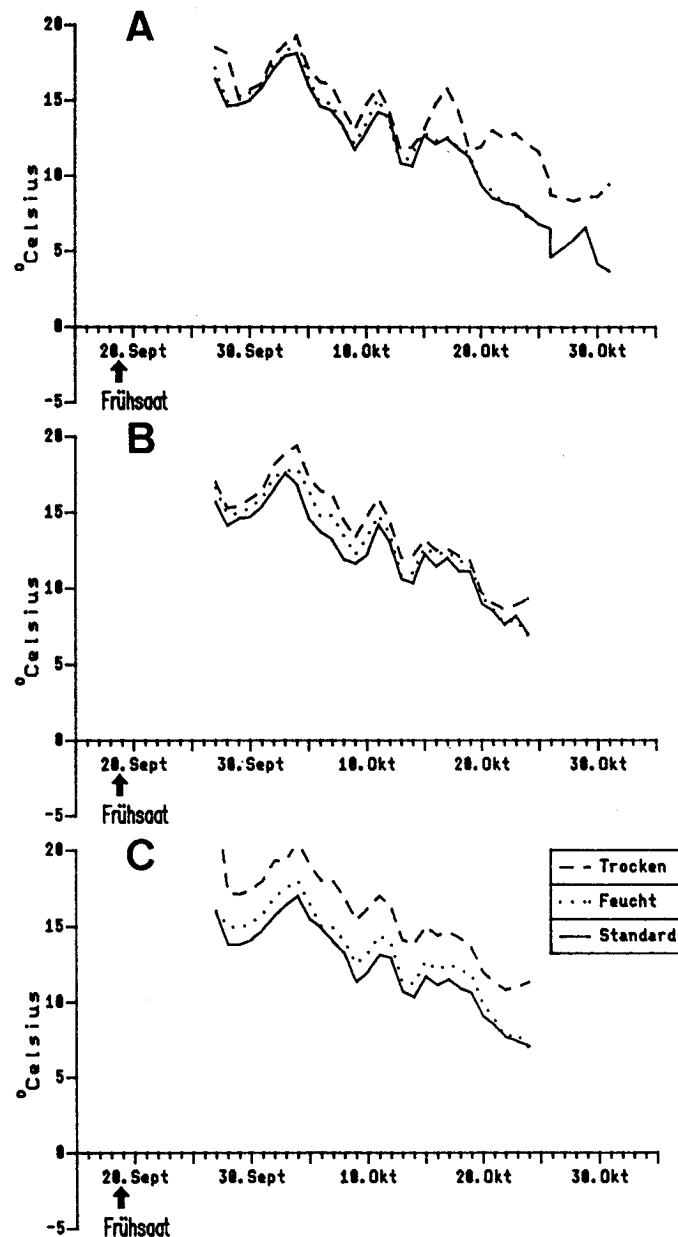


Abb. 16: Bodentemperaturen in den frühgesäten Lysimetervarianten (19. Sept. 1985).
Bodentiefe: 2.5 cm (A), 5 cm (B) und 10 cm (C)

Die ungewöhnlich warme Witterung des Herbstes 1985 (Abb. 19 A) beschleunigte das Wachstum der Wintergerste, so daß sie bereits 35 (TRO (I)) bzw. 74 Tage nach der Saat (FEU (II); TRO (II)) in die Phase der Bestockung (22-23) eingetreten war (Tab. 4; Abb. 18). Aufgrund der schnellen Keimpflanzenentwicklung nach der Frühsaat erfolgte die erste Probenahme (10 - 11) etwas später als ursprünglich beabsichtigt (10), so daß die nachfolgenden Proben zu den Stadien 11 - 12, 12 - 13, 21 und 22 - 23 genommen wurden.

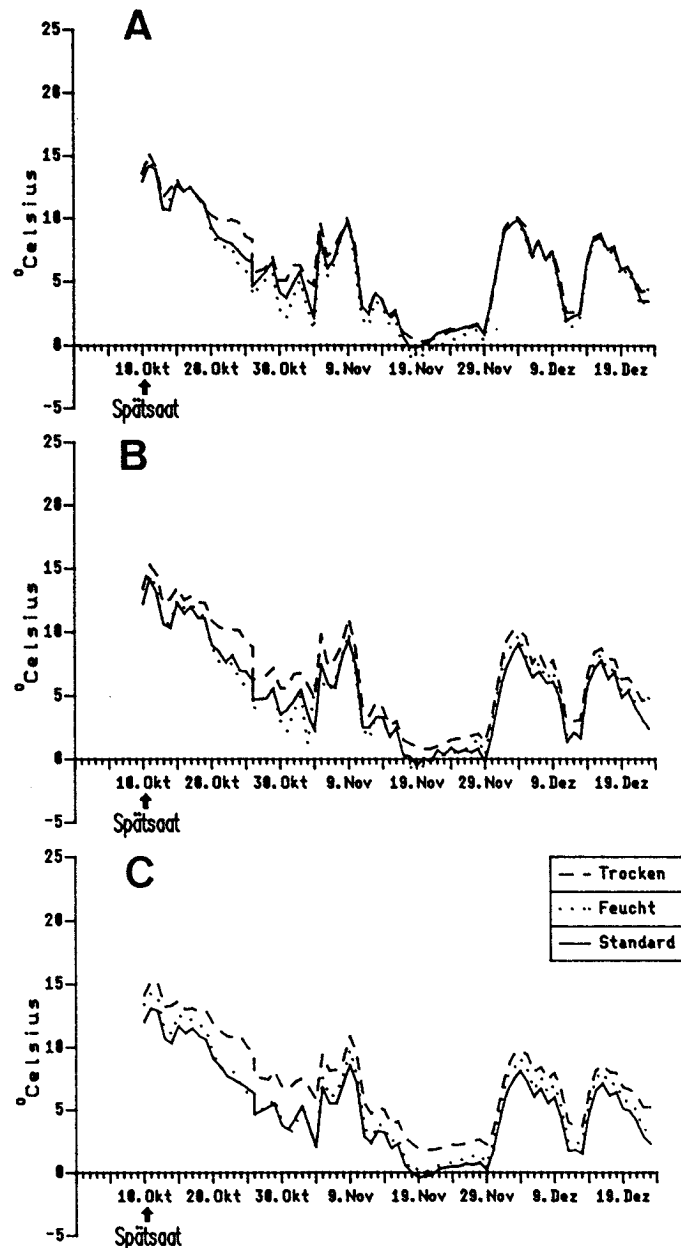


Abb. 17: Bodentemperaturen in den spätgesäten Lysimetervarianten (10. Okt. 1985).
Bodentiefe: 2.5 cm (A), 5 cm (B) und 10 cm (C)

Unabhängig von der Versuchsvariante verdoppelten bzw. verdreifachten sich nach der Frühsaat noch bis zum Beginn der Bestockung (21) die Frischgewichte der Pflanzen jeweils zwischen zwei aufeinanderfolgenden Probenahmeterminen. Danach wurde während der frühen Bestockungsphase (21 bis 22 - 23) nur noch für die STD-Pflanzen ein nennenswerter Zuwachs registriert (Abb. 18 A).

Sowohl bei höherer (FEU) wie auch bei niedrigerer Bodenfeuchte (TRO) verzögerte sich die Entwicklung der frühgesäten Wintergerste im Vergleich zu den natürlichen

Bedingungen (STD) (Abb. 18 A; Anhang-Tab.1). Die Pflanzen bestockten sich später und wiesen bei Versuchsende (Stadium 22-23) geringere, jedoch nicht signifikant verschiedene Gesamtsproßgewichte auf. Besonders die ersten beiden Blätter der Pflanzen unter Trockenstress (TRO (I)) zeigten bereits im Stadium 21 als Folge von Wassermangel bei gleichzeitigem Mehltaubefall vorzeitige Seneszenz bzw. reduzierten Frischmassenzuwachs (Anhang-Tab. 3 und 4).

Demgegenüber verlief die Pflanzenentwicklung nach der Spätsaat in allen Versuchsvarianten weitgehend homogen (Abb. 18 B; Anhang-Tab. 1). Unter dem Einfluß sinkender Temperaturen und abnehmender Tageslängen blieb die Frischmassenentwicklung allerdings im Vergleich zu den frühgesäten Pflanzen bereits nach der 2. Probenahme (11-12) deutlich zurück.

Die Frischmassenzuwächse der einzelnen Sproßfraktionen der Wintergerste unter den jeweiligen Versuchsbedingungen können den Anhang-Tabellen 1 - 7 entnommen werden.

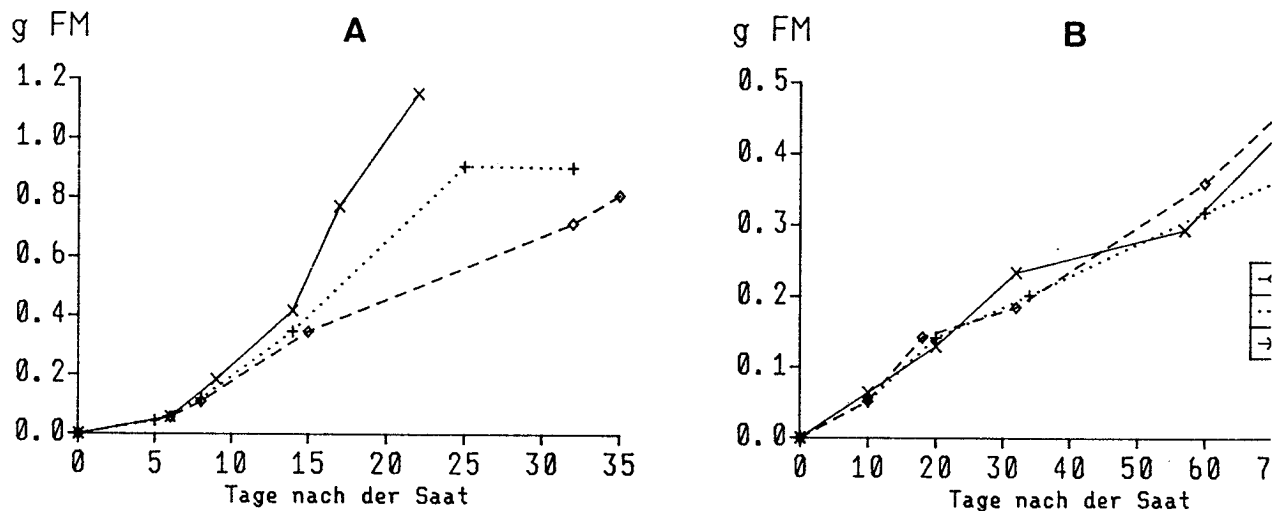


Abb. 18: Frischmassen der gesamten Sprosse früh- (A) und spätgesäter (B) Wintergerste unter dem Einfluß unterschiedlicher Bodenfeuchten: Standard (STD), Feucht (FEU) und Trocken (TRO).

3.2.3.2 Radioaktivität und Wirkstoff in den Pflanzen

3.2.3.2.1 Radioaktivität im Gesamtsproß und in den Wurzeln

Unabhängig von den Feuchteverhältnissen im Boden erreichte die relative Radioaktivitätsaufnahme in den Sprossen spätgesäter Wintergerste (22 - 23, 71 - 74 Tage nach Saat) nur durchschnittlich 64.1 ± 5.7 % der Radioaktivitätsaufnahme frühgesäter Wintergerste des gleichen Stadiums (22 - 23, 22 - 35 Tage nach Saat).

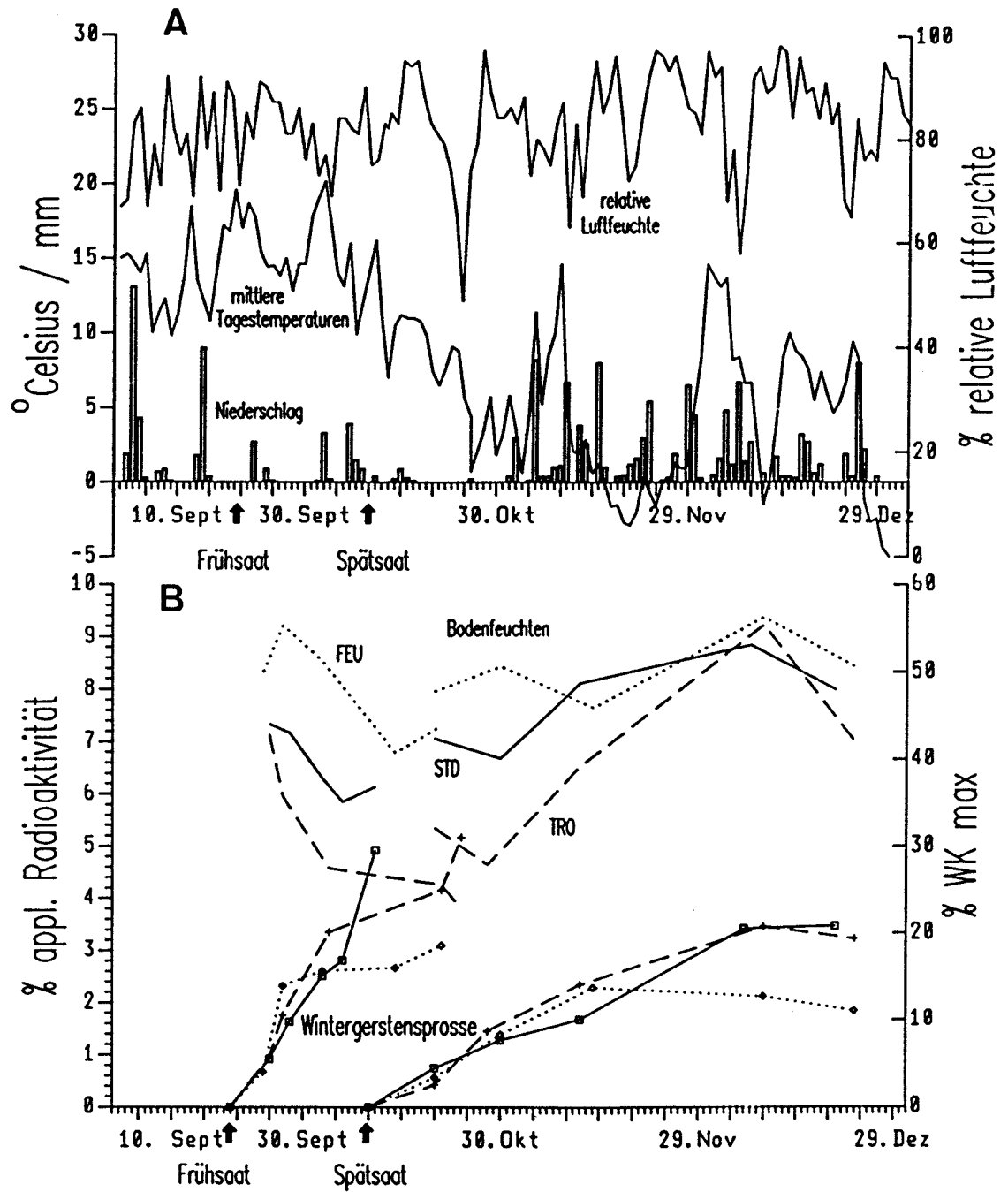


Abb. 19:

Lufttemperaturen, relative Luftfeuchte und Niederschlagsverteilung (A), sowie Wassergehalte im Boden (0 - 10 cm) und Radioaktivitätsgehalte in den Sprossen von Wintergerste nach Früh- und Spätsaat (B).

Tab. 9:

Radioaktivität in den Wurzeln [¹⁴C]Baytan 075 FS- bzw. [¹⁴C]Baytan 25 DS-gebeizter Wintergerstepflanzen.
Wiederholung von 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität										
Stadium	Standard [¹⁴ C] B a y t a n			Feucht			Trocken			Standard [¹⁴ C]Baytan 25 DS
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	Median	1/4Q-3/4Q	Median	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	
10-11	0.19	0.13-0.26	0.22	0.19-0.31	0.28	0.20-1.27	0.13	±0.05		
11-12	0.20	0.14-0.28	0.19	0.16-0.24	0.20	0.13-0.30	0.18	±0.08		
12-13	0.17	0.14-0.20	0.27	0.18-0.35	0.34	0.21-0.40	0.18	±0.05		
21	0.18	0.12-0.34	0.24	0.18-0.32	0.24	0.16-0.70	0.22	±0.12		
22-23	0.40	0.26-0.62	0.36	0.23-0.72	0.37	0.26-0.52	n.b.	n.b.		

% der applizierten Radioaktivität									
Stadium	Standard [¹⁴ C] B a y t a n		Feucht		Trocken		Standard [¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	
10-11	0.28	0.15-0.43	0.20	0.15-0.31	0.12	0.09-0.15	0.11	±0.05	
11-12	0.15	0.10-0.30	0.12	0.10-0.15	0.13	0.12-0.15	0.17	±0.10	
12-13	0.17	0.13-0.33	0.14	0.10-0.18	0.18	0.13-0.34	0.13	±0.05	
21	0.17	0.12-0.34	0.41	0.16-0.64	0.21	0.11-0.28	0.21	±0.09	
22-23	0.79	0.63-0.95	0.56	0.43-0.88	0.48	0.29-0.57	0.33	±0.37	

n.b. = nicht beobachtet

Nach beiden Saatterminen jedoch nahm die Wintergerste bei reduzierter Bodenfeuchte (TRO) insgesamt gleich große Radioaktivitätsmengen auf, wie unter den jeweiligen natürlichen Verhältnissen (STD). Sie enthielt zum Zeitpunkt der Bestockung (22 - 23) 4.9 % (STD (I)) - 5.2 % (TRO (I)) bzw. 3.5 % (STD (II)) - 3.2 % (TRO (II)) der applizierten Radioaktivität und lag damit deutlich über den Pflanzen, die unter simulierten Regenfällen mit 3.1 % (FEU (I)) bzw. 1.8 % (FEU (II)) der applizierten Radioaktivität nur etwa 60 % bzw. 55 % dieser Menge an Wirkstoffäquivalenten aufnahmen (Abb. 19; Anhang-Tab. 8 und Anhang-Tab. 13). Die Beeinträchtigung der ^{14}C -Aufnahme durch die Niederschläge erfolgte nach Fröhsaat bereits während der Entwicklung des 2. Blattes, d.h. zwischen dem Stadium 11 - 12 und 12-13. Nach Spätsaat hingegen wurden erst nach dem Stadium 12-13 stagnierende Aufnahmezeiten in den Gesamtsproß festgestellt.

Unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchte wurden bis zum Beginn der Bestockung (21) in der geernteten Wurzelmasse ^{14}C -Gehalte von etwa 0.1 - 0.3 % der applizierten Radioaktivität gefunden (Tab. 9). Erst bei der letzten Probenahme (22 - 23) konnte mit beginnender Ausbildung der Kronenwurzeln in allen Varianten ein leichter Anstieg der Radioaktivitätsgehalte gemessen werden. Sie lagen mit 0.48 % (TRO) - 0.79 % (STD) der applizierten Radioaktivität in den Wurzeln der spätgesäten Pflanzen trotz etwas geringerer Massenbildung durchschnittlich um den Faktor 1.6 höher als mit 0.36 % (FEU) - 0.40 % (STD) der applizierten Radioaktivität in den entsprechenden Pflanzen nach Fröhsaat. In den spätgesäten Pflanzen aus dem berechneten Lysimeter (FEU) erhöhten sich die ^{14}C -Gehalte der Wurzeln bereits zu Beginn der Bestockung (21) von 0.14 % auf 0.41 % der applizierten Radioaktivität.

3.2.3.2.2 Wirkstoffäquivalente im Gesamtsproß

Aufgrund der raschen Frischmassenbildung nach der Fröhsaat (I) sanken die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten im Gesamtsproß der Pflanzen aller Varianten kontinuierlich ab. Bereits zur Bestockung (21, 17 Tage nach Saat) betrug die mittlere Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Gesamtsproß unter natürlichen Verhältnissen (STD) ca. 0.5 mg/kg FM (Abb. 20; Anhang-Tab. 8). Die gleiche Konzentration stellte sich trotz geringerer Gesamtaufnahme aber infolge des reduzierten Massenzuwachses auch nach Berechnung (FEU) ein. Annähernd doppelt so hoch waren dagegen die Werte in den Pflanzen unter Trockenstress. Sie sind vornehmlich der hohen Aufnahme von markierten Substanzen in das 1. Blatt zuzuschreiben, die noch in der frühen Phase der Bestockung (21 bis 22 - 23), zwischen 32 und 35 Tagen nach der Saat stattfand (s. 3.2.3.2.4; Abb. 21).

Tab. 9:

Radioaktivität in den Wurzeln [¹⁴C]Baytan 075 FS- bzw. [¹⁴C]Baytan 25 DS-gebeizter Wintergerstepflanzen.
Wiederholung von 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität									
	Feucht					Trocken				
	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	0 7 5 F S	Median	1/4Q-3/4Q	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard
10-11		0.13-0.26	0.19	0.19-0.31		0.28	0.20-1.27		0.13	±0.05
11-12		0.14-0.28	0.20	0.16-0.24		0.20	0.13-0.30		0.18	±0.08
12-13		0.14-0.20	0.17	0.18-0.35		0.34	0.21-0.40		0.18	±0.05
21		0.12-0.34	0.18	0.18-0.32		0.24	0.16-0.70		0.22	±0.12
22-23		0.26-0.62	0.40	0.23-0.72		0.37	0.26-0.52		n.b.	n.b.

Stadium	% der applizierten Radioaktivität									
	Feucht					Trocken				
	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	0 7 5 F S	Median	1/4Q-3/4Q	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard
10-11		0.15-0.43	0.28	0.15-0.31		0.12	0.09-0.15		0.11	±0.05
11-12		0.10-0.30	0.15	0.10-0.15		0.13	0.12-0.15		0.17	±0.10
12-13		0.13-0.33	0.17	0.10-0.18		0.18	0.13-0.34		0.13	±0.05
21		0.12-0.34	0.17	0.16-0.64		0.21	0.11-0.28		0.21	±0.09
22-23		0.63-0.95	0.79	0.43-0.88		0.48	0.29-0.57		0.33	±0.37

n.b. = nicht beobachtet

Nach beiden Saatterminen jedoch nahm die Wintergerste bei reduzierter Bodenfeuchte (TRO) insgesamt gleich große Radioaktivitätsmengen auf, wie unter den jeweiligen natürlichen Verhältnissen (STD). Sie enthielt zum Zeitpunkt der Bestockung (22 - 23) 4.9 % (STD (I)) - 5.2 % (TRO (I)) bzw. 3.5 % (STD (II)) - 3.2 % (TRO (II)) der applizierten Radioaktivität und lag damit deutlich über den Pflanzen, die unter simulierten Regenfällen mit 3.1 % (FEU (I)) bzw. 1.8 % (FEU (II)) der applizierten Radioaktivität nur etwa 60 % bzw. 55 % dieser Menge an Wirkstoffäquivalenten aufnahmen (Abb. 19; Anhang-Tab. 8 und Anhang-Tab. 13). Die Beeinträchtigung der ^{14}C -Aufnahme durch die Niederschläge erfolgte nach Fröhsaat bereits während der Entwicklung des 2. Blattes, d.h. zwischen dem Stadium 11 - 12 und 12-13. Nach Spätsaat hingegen wurden erst nach dem Stadium 12-13 stagnierende Aufnahmezeiten in den Gesamtsproß festgestellt.

Unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchte wurden bis zum Beginn der Bestockung (21) in der geernteten Wurzelmasse ^{14}C -Gehalte von etwa 0.1 - 0.3 % der applizierten Radioaktivität gefunden (Tab. 9). Erst bei der letzten Probenahme (22 - 23) konnte mit beginnender Ausbildung der Kronenwurzeln in allen Varianten ein leichter Anstieg der Radioaktivitätsgehalte gemessen werden. Sie lagen mit 0.48 % (TRO) - 0.79 % (STD) der applizierten Radioaktivität in den Wurzeln der spätgesäten Pflanzen trotz etwas geringerer Massenbildung durchschnittlich um den Faktor 1.6 höher als mit 0.36 % (FEU) - 0.40 % (STD) der applizierten Radioaktivität in den entsprechenden Pflanzen nach Fröhsaat. In den spätgesäten Pflanzen aus dem berechneten Lysimeter (FEU) erhöhten sich die ^{14}C -Gehalte der Wurzeln bereits zu Beginn der Bestockung (21) von 0.14 % auf 0.41 % der applizierten Radioaktivität.

3.2.3.2.2 Wirkstoffäquivalente im Gesamtsproß

Aufgrund der raschen Frischmassenbildung nach der Fröhsaat (I) sanken die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten im Gesamtsproß der Pflanzen aller Varianten kontinuierlich ab. Bereits zur Bestockung (21, 17 Tage nach Saat) betrug die mittlere Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Gesamtsproß unter natürlichen Verhältnissen (STD) ca. 0.5 mg/kg FM (Abb. 20; Anhang-Tab. 8). Die gleiche Konzentration stellte sich trotz geringerer Gesamtaufnahme aber infolge des reduzierten Massenzuwachses auch nach Berechnung (FEU) ein. Annähernd doppelt so hoch waren dagegen die Werte in den Pflanzen unter Trockenstress. Sie sind vornehmlich der hohen Aufnahme von markierten Substanzen in das 1. Blatt zuzuschreiben, die noch in der frühen Phase der Bestockung (21 bis 22 - 23), zwischen 32 und 35 Tagen nach der Saat stattfand (s. 3.2.3.2.4; Abb. 21).

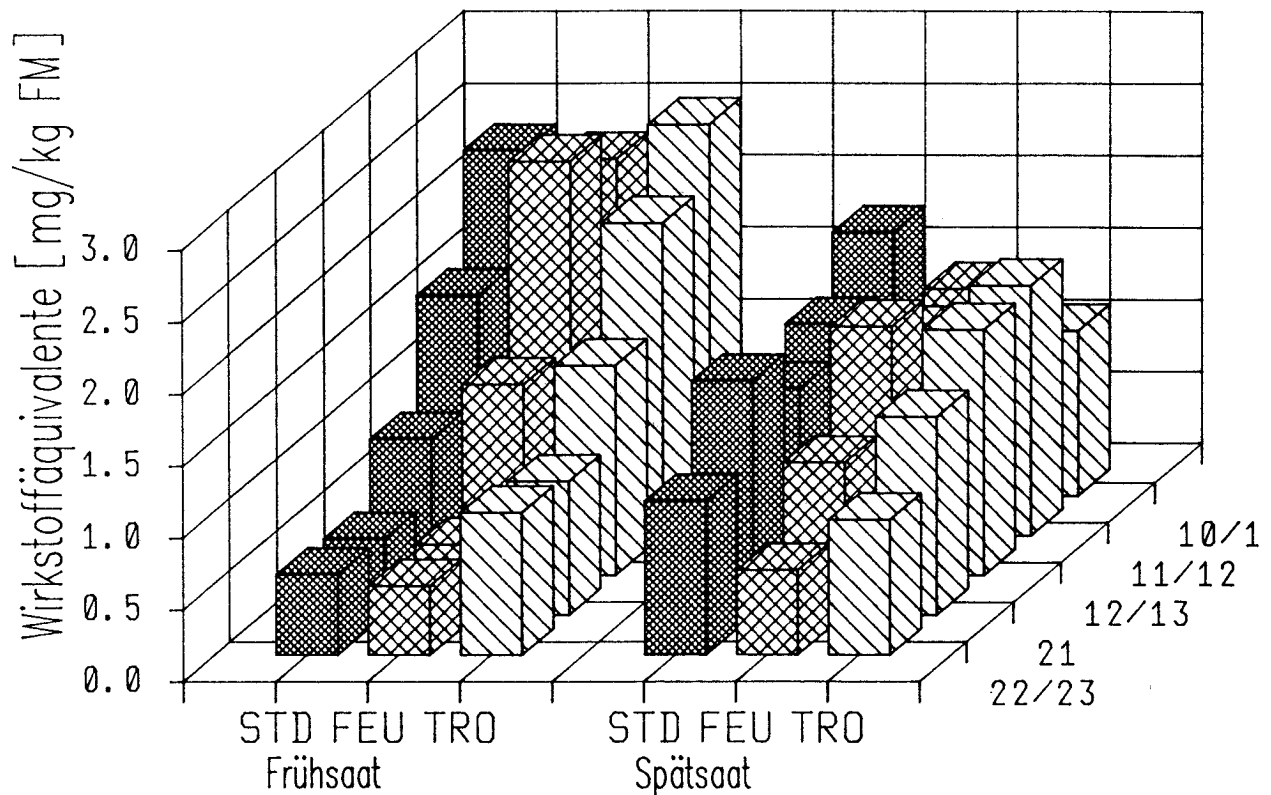


Abb. 20: Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Sproß [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Früh- und Spätsaat bei verschiedenen Bodenfeuchten (STD, FEU, TRO).

In der spätgesäten Wintergerste (II) blieben die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten über lange Zeit auf relativ hohem Niveau. In den Pflanzen unter den natürlichen (STD) bzw. anfänglich trockeneren Verhältnissen (TRO) lagen die gemessenen Konzentrationen noch zu Beginn der Bestockung (21) bei 1.6 (STD) bzw. 1.4 mg/kg FM (TRO). Sie blieben auch bei stagnierender Gesamtaufnahme und dem Entwicklungsschub, der unter den erneut steigenden Temperaturen im Dezember einsetzte, im Bereich von ca. 1.0 mg/kg FM. Die geringere Nachlieferung von Wirkstoff und/oder Metaboliten führte dagegen in der Beregnungsvariante (FEU) bereits zu Beginn der Bestockung (21) zu einer Reduktion der Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (ca. 1.1 mg/kg FM), die sich mit fortschreitender Entwicklung der Seitentriebe (22 - 23) annähernd halbierte (ca. 0.6 mg/kg FM; Abb. 20).

3.2.3.2.3 Verteilung der Radioaktivität im Gesamtsproß

Die Radioaktivitätsverteilung im Sproß der Wintergerste folgte nach beiden Saatterminen und bei allen Bodenfeuchten einem ähnlichen Muster. Die Koeptilen wurden naturgemäß am schnellsten mit ^{14}C -Aktivität versorgt, wobei nach dem Auflaufen (10 - 11) in der Regel keine nennenswerte Radioaktivitätsaufnahme mehr stattfand. Allerdings wurde unter TRO-Bedingungen noch ein Eintransport in die Koeptilen bis zur 2. (11 - 12; TRO (II)) bzw. 3. Probenahme (12 - 13; TRO (I)) festgestellt (Abb. 21 A und D).

Gleichzeitig verlagerten die Pflanzen den aufgenommenen Wirkstoff und/oder Metaboliten bereits in die nachwachsenden jüngeren Organe, so daß diese unter natürlichen Verhältnissen (STD) nach der Frühsaat mit steigenden ^{14}C -Mengen versorgt wurden (Abb. 21 A - C und Abb. 22 A - C). Mit der Zunahme des Blattapparates zur Bestockung sank die Eintransportrate in das 1. Blatt und die Radioaktivitätsgehalte nahmen sogar mitunter ab (Abb. 21 B und E). Jedoch waren in nahezu allen Fällen bei der letzten Probenahme (22 - 23) noch mindestens 50 % der Gesamtradioaktivität des Sprosses im 1. Blatt lokalisiert (Tab. 10). Insgesamt befanden sich zwischen dem Stadium 12 - 13 und der Bestockung (22 - 23) noch 80 - 90 % der aufgenommenen Radioaktivität (= 100 %) in den ersten drei Blättern. Die unterschiedlichen Aufnahmebedingungen zwischen den Bodenfeuchtevarianten spiegeln sich in den Unterschieden in der relativen Radioaktivitätsverteilung innerhalb der Sprosse wider.

Tab. 10: Relative Radioaktivitätsverteilung in den Sprossen von [^{14}C]Baytan-gebeizter Wintergerste aus unterschiedlichen Bodenfeuchtevarianten am Beispiel der ersten 3 Blätter.

- Versuch 1 -

Gesamtradioaktivität in den Sprossen = 100 %

Entwick- Blatt lungs- stadium		Frühsaat			Spätsaat		
		STD	FEU	TRO	STD	FEU	TRO
		$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$	$\bar{x}$
1	12/13	68.9(± 7.3) ^a	77.7(± 5.9) ^b	69.3(± 7.4) ^a	73.1(± 6.9) ^a	80.2(± 5.7) ^b	70.0(± 4.9) ^a
1	21	55.3(± 9.4) ^a	58.6(± 6.1) ^a	58.6(± 5.0) ^a	61.1(± 18.1) ^a	64.7(± 17.1) ^a	63.5(± 5.2) ^a
1	22/23	43.0(± 10.7) ^a	54.1(± 10.1) ^b	59.6(± 6.0) ^b	49.5(± 9.6) ^a	69.2(± 7.3) ^b	52.4(± 11.3) ^a
2	12/13	12.4(± 3.6) ^a	14.1(± 5.8) ^a	11.1(± 3.8) ^a	12.2(± 4.2) ^a	9.7(± 2.4) ^b	10.4(± 5.9) ^b
2	21	23.1(± 7.5) ^a	18.5(± 6.3) ^a	18.6(± 4.4) ^a	28.2(± 17.9) ^a	24.8(± 18.1) ^a	20.7(± 5.5) ^a
2	22/23	25.8(± 6.1) ^a	24.0(± 3.7) ^a	15.2(± 4.8) ^b	25.2(± 6.5) ^a	15.2(± 4.6) ^b	24.6(± 5.8) ^a
3	12/13	0.9(± 0.9) ^a	0.6(± 0.8) ^a	0.9(± 1.2) ^a	0.9(± 0.4) ^a	1.2(± 1.6) ^a	0.8(± 0.6) ^a
3	21	7.6(± 6.2) ^a	10.7(± 7.2) ^a	7.1(± 4.5) ^a	4.1(± 1.4) ^a	3.1(± 1.6) ^a	5.9(± 2.2) ^b
3	22/23	18.7(± 8.8) ^a	10.1(± 6.5) ^b	7.8(± 4.1) ^b	11.9(± 4.6) ^a	4.6(± 2.1) ^b	11.1(± 3.3) ^a

Innerhalb eines Saattermins sind Signifikanzen zwischen den Werten einer Zeile mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

1.2.3.2.4 Radioaktivitätsaufnahme in die einzelnen Blätter nach Frühsaat

Nach der Frühsaat translozierten die Wintergerstenpflanzen die aufgenommene Radioaktivität unter den STD-Bedingungen kontinuierlich in die heranwachsenden Blätter (Abb. 21 und 22). Die Koleoptile erreichte bereits kurz nach dem Auflaufen (10 - 11, 6 Tage nach Saat) mit 0.46 % der applizierten Radioaktivität annähernd ihre maximale ^{14}C -Aufnahme (0.49 %; 11-12, 9 Tage nach Saat). Im 1. Blatt wurden bis zu 2 Wochen nach der Saat noch deutliche Radioaktivitätszuwächse gemessen (Abb. 21), so daß sich dort im Stadium 12 - 13 gut 1.8 % der applizierten Radioaktivität befanden (Anhang-Tab. 10). Danach aber gelangten bis zur Bestockung (22 - 23, 22 Tage nach Saat) nur noch etwa 0.2 % der applizierten Radioaktivität in das 1. Blatt, wohingegen stetig steigende Radioaktivitätsmengen in das heranwachsende 2. - 4. Blatt bzw. die Nebentriebe verlagert wurden (Abb. 21 und 22).

TRO-Pflanzen lagerten bis zu zwei Wochen nach der Saat (12 - 13) noch markierte Verbindungen in die Koleoptile ein und erreichten mit nahezu 0.7 % der applizierten Radioaktivität ein hohes Niveau, das nur langsam innerhalb der folgenden 20 Tage bis zur Bestockung (22 - 23) auf 0.5 % der applizierten Radioaktivität sank (Abb. 21 A). Die niedrige Bodenfeuchte in der oberen 0 - 10 cm Krumenschicht des Lysimeters (Tab. 8; Abb. 14 C) führte zwar zu einer retardierten Entwicklung der Pflanzen, hatte aber auf die Radioaktivitätsaufnahme offenbar einen geringeren Einfluß. Selbst bei einem durchschnittlichen Wassergehalt des Bodens im Bereich von 27.5 % (21) - ca. 23 % (22 - 23) der WK_{max} war die Wintergerste noch in der Lage mit etwa 1 % der applizierten Radioaktivität vergleichsweise hohe Mengen an ^{14}C aufzunehmen. Davon wurden, anders als bei den STD-Pflanzen, überraschenderweise nochmals ca. 80 % in das 1. Blatt transloziert (Abb. 21 B), so daß in diesem Organ bei Versuchsende (22 - 23) ca. 3.4 % der applizierten Radioaktivität (Anhang-Tab. 10) und damit noch mehr als die Hälfte der Radioaktivität des gesamten Blattapparates nachgewiesen wurden (Tab. 10). Gleichzeitig erfolgte dieser Aufnahmeschub in allen jüngeren Blättern auf entsprechend niedrigerem Niveau. Ausgenommen blieb lediglich das 2. Blatt, dessen Radioaktivitätsgehalt von 0.82 % auf nur 0.87 % der applizierten Radioaktivität anstieg (Abb. 21 C). Ein ähnliches Verhalten zeigte sich auch bei den Pflanzen unter Beregnung (FEU), lediglich um eine Blattaltersstufe verschoben. Im Unterschied zu den Pflanzen im TRO-Lysimeter verlagerten diese in dem gleichen Entwicklungsabschnitt (21 bis 22 - 23) hohe Mengen an Wirkstoffäquivalenten in das 2. Blatt, während im 3. Blatt sogar ein Radioaktivitätsverlust festgestellt wurde.

Nach der Regensimulation (FEU (I)) war der Wirkstoff infolge der hohen Bodenfeuchte für die Keimpflanzen anfänglich schnell verfügbar (Abb. 21 A). Bereits unmittelbar nach dem Auflaufen, 5 Tage nach der Frühsaat (10 - 11), war in den Koleoptilen der maximale ^{14}C -Eintrag von knapp 0.6 % der applizierten Radioaktivität erreicht. Er lag

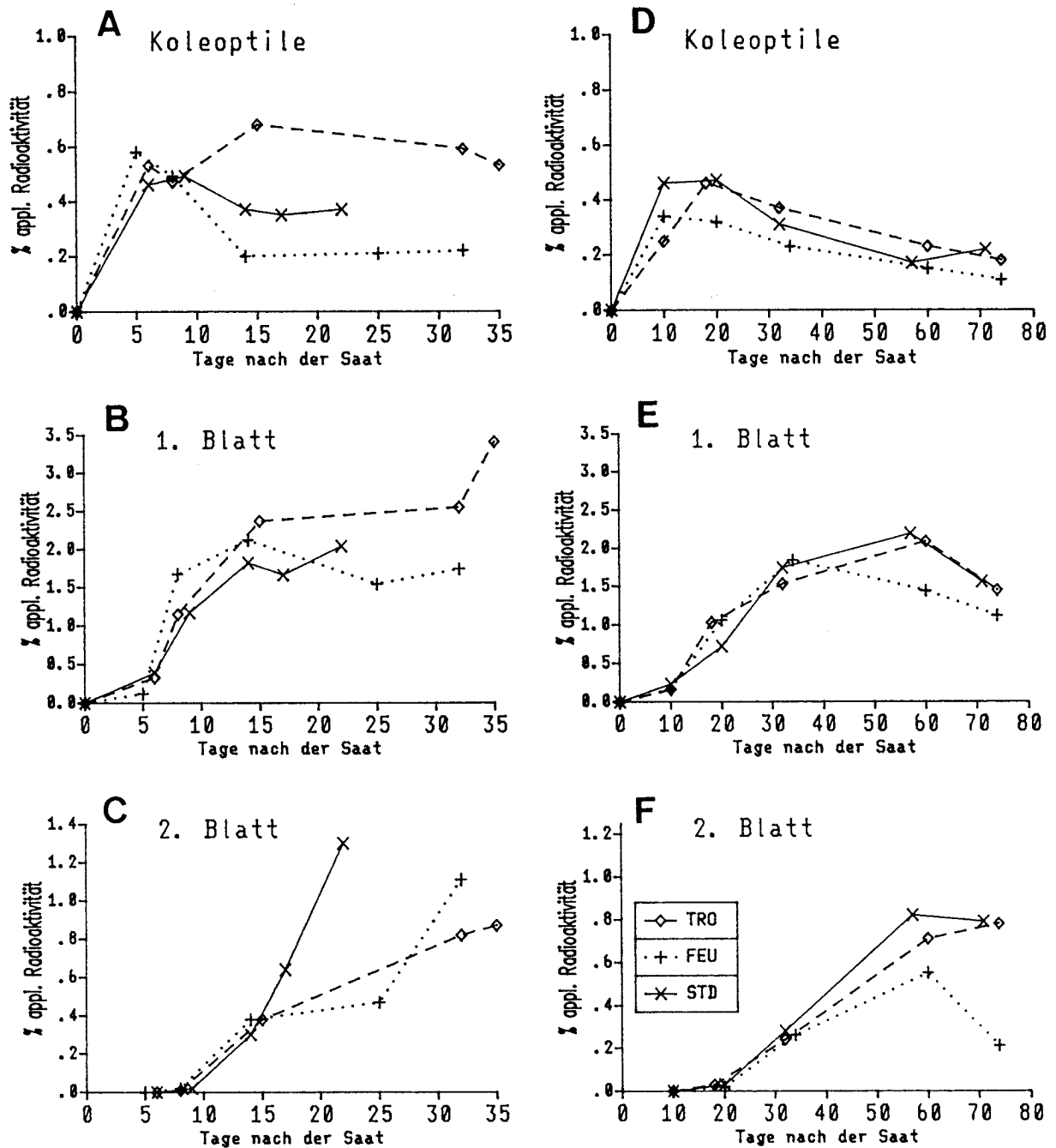


Abb. 21: Radioaktivitätsaufnahme in die Koeoptile sowie das 1. und 2. Blatt von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Frühsaat (19. Sept. 1985) (A - C) bzw. Spätsaat (10. Okt. 1985) (D - F) bei verschiedenen Bodenfeuchten (STD, FEU, TRO).

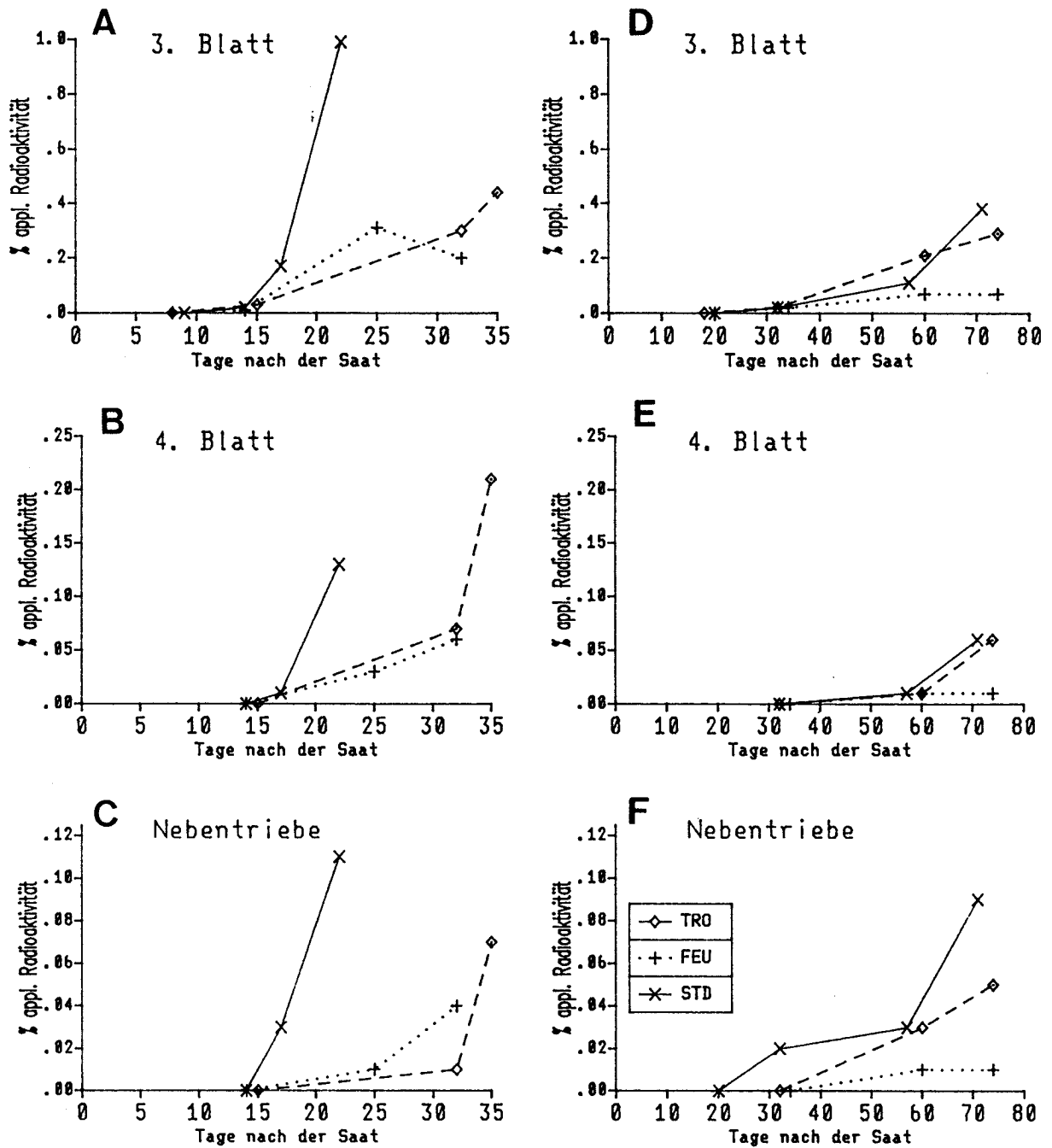


Abb. 22:

Radioaktivitätsaufnahme in das 3. und 4. Blatt sowie die Nebentriebe von $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Frühsaat (19. Sept. 1985) (A - C) bzw. Spätsaat (10. Okt. 1985) (D - F) bei verschiedenen Bodenfeuchten (STD, FEU, TRO).

damit schon einen Tag vor den vergleichbaren Pflanzen aus dem STD- bzw. TRO-Lysimeter auf einem mindestens gleich hohen Niveau, sank aber bis zum Stadium 12 - 13 offenbar unter dem Einfluß der massiven Beregnung um mehr als 50 % und blieb dann auf dem vergleichbar niedrigsten Wert von nur ca. 0.2 % der applizierten Radioaktivität (Abb. 21 A; Anhang-Tab. 9). Ebenso schnell wie in die Koleoptile wurden innerhalb von 8 Tagen nach der Saat (11 - 12) ca. 1.7 % der im Mittel pro Korn applizierten Radioaktivität in das 1. Blatt transloziert. Damit lagen die Gehalte an Radiokohlenstoff dort zum Teil signifikant über den Gehalten in den 1. Blättern der gleichweit entwickelten STD- bzw. TRO-Pflanzen, die bis dahin nur jeweils rd. 1.2 % der applizierten Radioaktivität akkumulierten. Insgesamt konnte die Wintergerste unter Beregnung bis zur 2. Probenahme (11 - 12) ca. 0.6 - 0.7 % der applizierten Radioaktivität mehr in die oberirdischen Pflanzenteile verlagern als die Pflanzen unter STD- bzw. TRO-Verhältnissen (Abb. 19). In der Folgezeit, bis zur 3. Probenahme (12 - 13, 14 Tage nach der Saat), sank dann die Gesamtzunahme an Radioaktivität gegenüber den Pflanzen der anderen Varianten deutlich ab. So erhöhte sich die Radioaktivität im Sproß der Pflanzen aus dem FEU-Lysimeter innerhalb von sechs Tagen nur von 2.3 % auf 2.6 % der applizierten Menge, was sich unmittelbar aus den hohen ^{14}C -Verlusten der Koleoptile (Abb. 21 A) sowie der geringen ^{14}C -Verlagerungsrate in das 1. Blatt von knapp 0.08 % der applizierten Radioaktivität/Tag erklärt. In den 1. Blättern der Wintergerste aus den beiden anderen Varianten wurden dagegen tägliche Akkumulationsraten von 0.13 % (STD) bzw. 0.17 % (TRO) der applizierten Radioaktivität errechnet.

3.2.3.2.5 Radioaktivitätsaufnahme in die einzelnen Blätter nach Spätsaat

Nach der Spätsaat spiegelten sich die unterschiedlichen Gesamtaufnahmen an Radioaktivität in die STD- und TRO-Pflanzen einerseits und FEU-Pflanzen andererseits (Abb. 19 B) recht gut in den ^{14}C -Gehalten ihrer jeweiligen Sproßfraktionen wider (Abb. 21 D, E, F und 22 D, E, F). Die Kurvenverläufe der ^{14}C -Akkumulation in den Blättern der STD- und TRO-Pflanzen entsprachen sich weitgehend, während die Aufnahmekurven für die FEU-Pflanzen ab der 4. Probenahme (21) durchweg auf einem niedrigeren Niveau verliefen.

Generell war die Radioaktivitätsaufnahme in die Pflanzen nach der Spätsaat gegenüber der Frühsaat verlangsamt (Abb. 19 B). Bis zum Beginn der Bestockung (21, 57 - 60 Tage nach Saat) wurden aber immer noch zunehmende Radioaktivitätsgehalte in den ersten beiden Blättern der STD- und TRO-Pflanzen ermittelt (2.1 - 2.2 % der applizierten Radioaktivität), während infolge der Beregnung (FEU) bereits im Stadium 12 - 13, 34 Tage nach der Saat, mit 1.8 % der applizierten Radioaktivität im ersten Blatt das Aufnahmemaximum erreicht wurde. Danach erfolgte in den FEU-Pflanzen bis zur Bestockung (21, 60 Tage nach Saat) nur noch eine Verlagerung in das 2. Blatt.

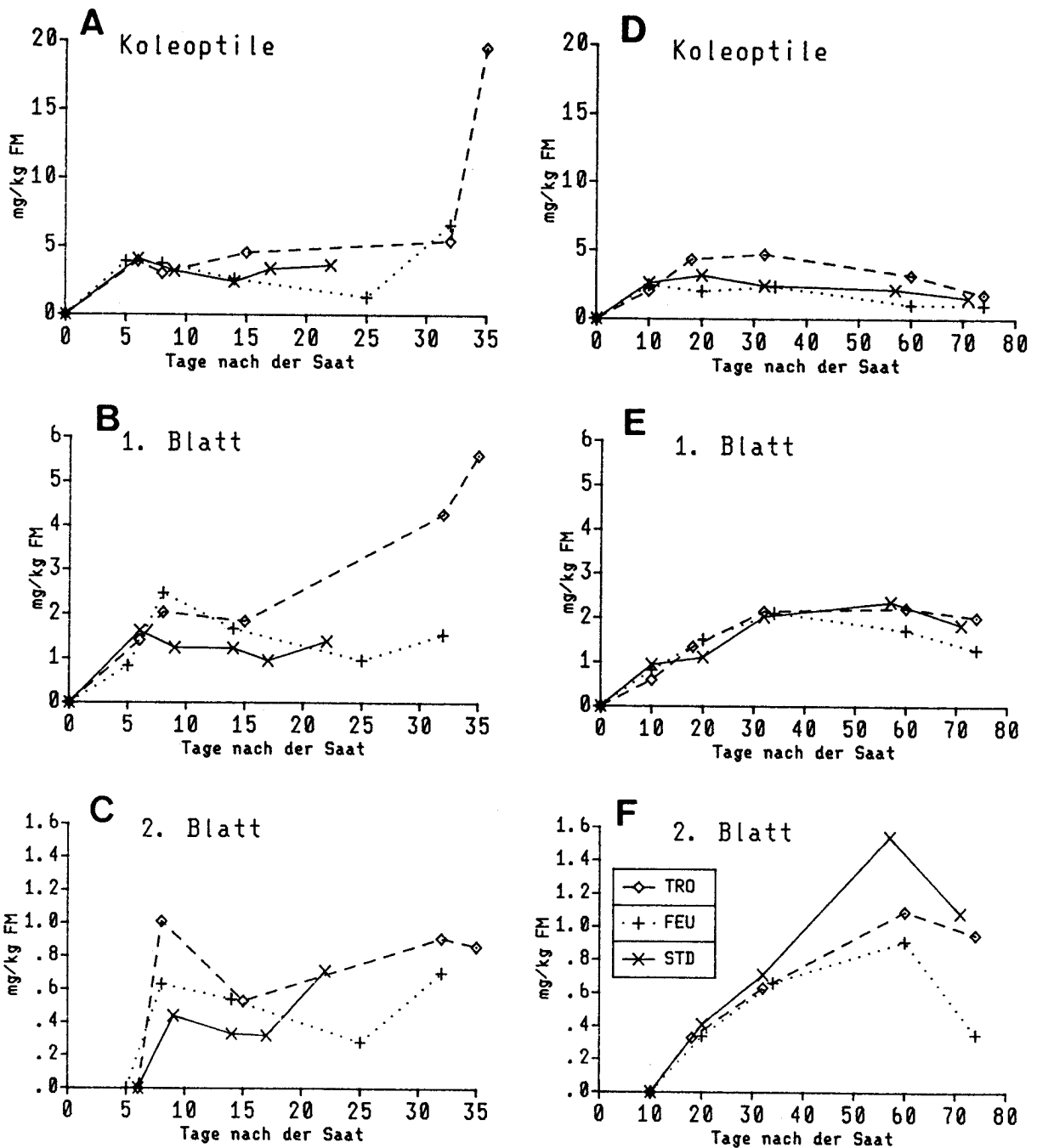


Abb. 23:

Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (mg/kg Frischmasse) in der Kuleoptile sowie dem 1. und 2. Blatt von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Frühsaat (19. Sept. 1985) (A - C) bzw. Spätsaat (10. Okt. 1985) (D - F) bei verschiedenen Bodenfeuchten (STD, FEU, TRO).

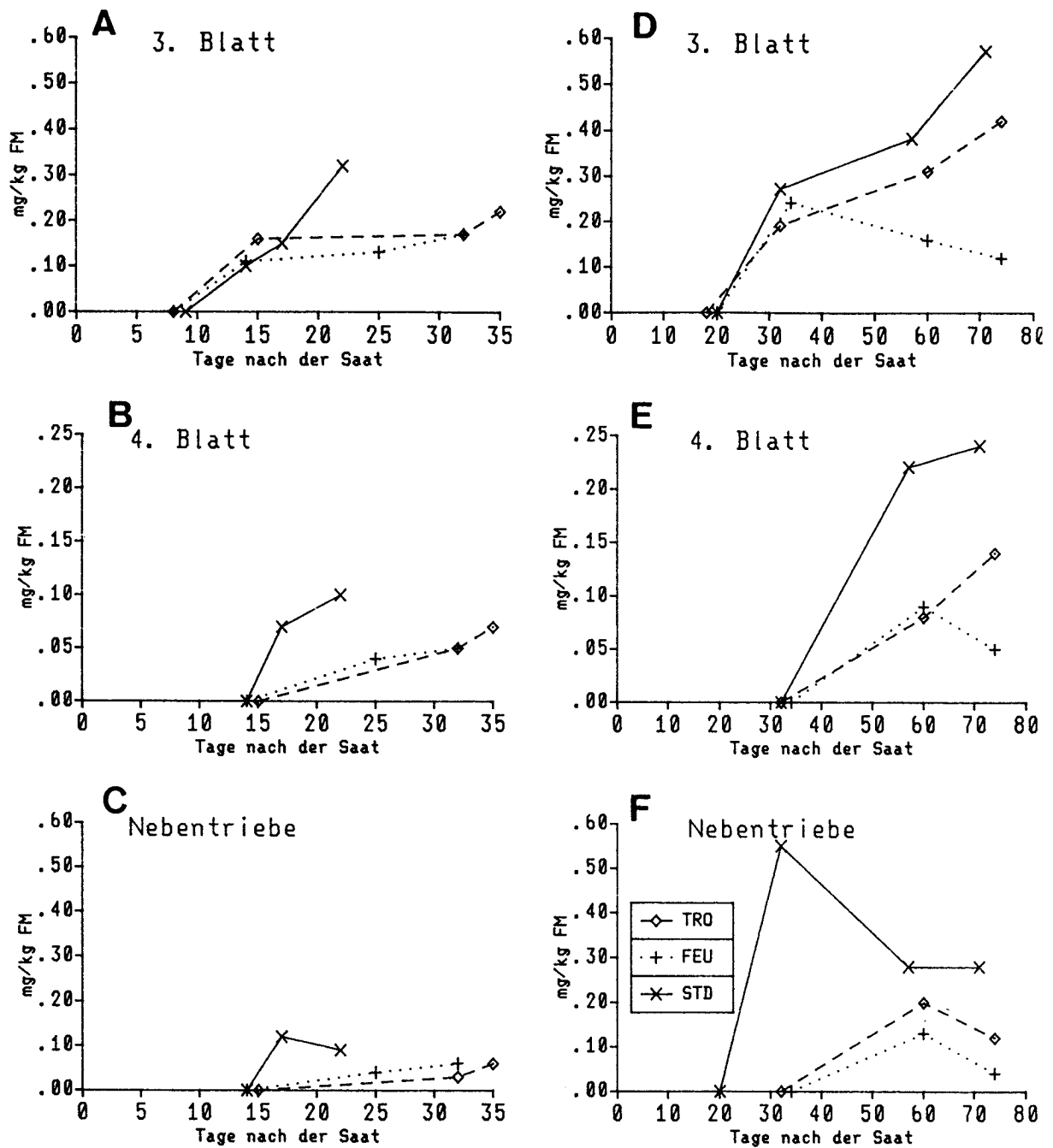


Abb. 24: Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (mg/kg Frischmasse) im 3. und 4. Blatt sowie in den Nebentrieben von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Frühsaat (19. Sept. 1985) (A - C) bzw. Spätsaat (10. Okt. 1985) (D - F) bei verschiedenen Bodenfeuchten (STD, FEU, TRO).

Allerdings wurde in diesem 2. Blatt in den 2 Wochen zwischen dem Beginn der Bestockung (21, 0.55 % der applizierten Radioaktivität) und dem Stadium 22-23 (0.21 % der applizierten Radioaktivität) wieder ein auffallend hoher Radioaktivitätsverlust registriert. In allen jüngeren Sproßorganen stagnierten die Aufnahmeraten während der Bestockung (21 bis 22 - 23) (Abb. 22). Dagegen konnte die Wintergerste unter den STD- und TRO-Verhältnissen auch noch bis zur letzten Probenahme (22 - 23) die jüngeren Sproßorgane (3., 4. Blatt und Nebentriebe) mit Wirkstoff und/oder Metaboliten versorgen.

3.2.3.2.6 Wirkstoffäquivalente in den einzelnen Blättern nach Früh- und Spätsaat

Unabhängig von der Bodenfeuchte und den Versuchsvarianten waren im allgemeinen nach der Spätsaat die Konzentrationen der Wirkstoffäquivalente in den Blättern der Wintergerste größer als nach der Frühsaat (Abb. 23 und 24). Zwar translozierten die Pflanzen unter den wüchsigen Witterungsbedingungen der Frühsaat schnell Radioaktivität in das 1. bzw. 2. Blatt, so daß dort die Anfangskonzentrationen an Wirkstoffäquivalenten (10 - 11 und 11 - 12) - bei zum Teil geringeren Frischmassen - höher lagen als in den vergleichbaren Blättern der spätgesäten Pflanzen (Abb. 23 B und E; Anhang-Tab. 10, 11, 17 und 18). In der folgenden Entwicklungszeit blieben sie jedoch gegenüber den analogen Konzentrationen aus den spätgesäten Pflanzen zurück. Allerdings sanken in allen Blättern spätgesäter FEU-Pflanzen die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten während der Bestockung (21 bis 22 - 23) nochmals stark ab. Infolge mangelnder Nachlieferung sowie auftretender Verluste an Radioaktivität fielen sie damit zum Teil noch unter das Niveau der vergleichbaren Sproßfraktionen der frühgesäten Pflanzen (FEU (I)) (Abb. 23 und 24).

Unabhängig von der Bodenfeuchte stiegen die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten im 1. und/oder 2. Blatt der frühgesäten Wintergerste im Verlauf der Bestockung (21 bis 22 - 23) noch einmal an (Abb. 23 B und C; Anhang-Tab. 10 und 11). Dies ist zum einen auf die Translokationsraten (Abb. 21) und zum andern auf die beginnende Seneszenz der älteren Blätter in diesem Entwicklungsabschnitt zurückzuführen. Der Frischmassenschwund im 1. bzw. 2. Blatt betrug ca. 10 - 30 % (Anhang-Tab. 3 und 4). Besonders gravierend waren die Frischmassenverluste des Primärblattes von TRO-Pflanzen. Sie betrugen bereits zwischen der 3. (12 - 13) und 4. Probenahme (21) als Folge von Trockenstress und starkem Mehltaudruck (s. 3.2.3.3) schon mehr als 50 %. Daher erhöhte sich die Konzentration der Wirkstoffäquivalente zwischen dem 15. (12 - 13) und 32. Tag nach der Frühsaat (21) von ca. 1.8 auf ca. 4.3 mg/kg FM, obwohl die Radioaktivitätsaufnahme im demselben Zeitraum lediglich von rd. 2.4 auf 2.6 % der applizierten Radioaktivität zugenommen hatte. In den darauffolgenden 3 Tagen stiegen die Lufttemperaturen kurzfristig an, wobei die

relative Luftfeuchte gleichzeitig den tiefsten Stand erreichte, der während der gesamten Herbstperiode registriert wurde. In dieser Zeit stiegen die Radioaktivitätsgehalte in den Primärblättern, deren apikale Blatthälfte schon vielfach nekrotisch war (Anhang-Tab. 3), nochmals auf etwa 3.4 % der applizierten Radioaktivität. Die berechnete Konzentration an Wirkstoffäquivalenten lag dann bei 5.6 mg/kg FM (Abb. 23 B; Anhang-Tab. 10).

3.2.3.2.7 Radioaktivitätsaufnahme aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen innerhalb der Saatreihe

Die Radioaktivitätsaufnahme über die Wurzel aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen war im allgemeinen niedrig. Sie konnte lediglich nach simulierten Niederschlägen (FEU) nennenswert zur Gesamtaufnahme beitragen (Tab. 11). So wurden bis zur Bestockung (21 bzw. 22 - 23), 25 - 32 Tage nach der Fröhsaat, ca. 12 % der insgesamt aufgenommenen ^{14}C -Menge (= 100 %) aus den Beizhöfen der Nachbarpflanzen nachgeliefert, nach der Spätsaat dagegen nur ca. 6 % (22 - 23, 74 Tage nach Saat). Die auf diesem Wege maximal beigesteuerte Konzentration an Wirkstoffäquivalenten wurde aber bereits im Stadium 12 - 13 mit 0.1 mg/kg FM in den spätgesäten Pflanzen des FEU-Lysimeters ermittelt.

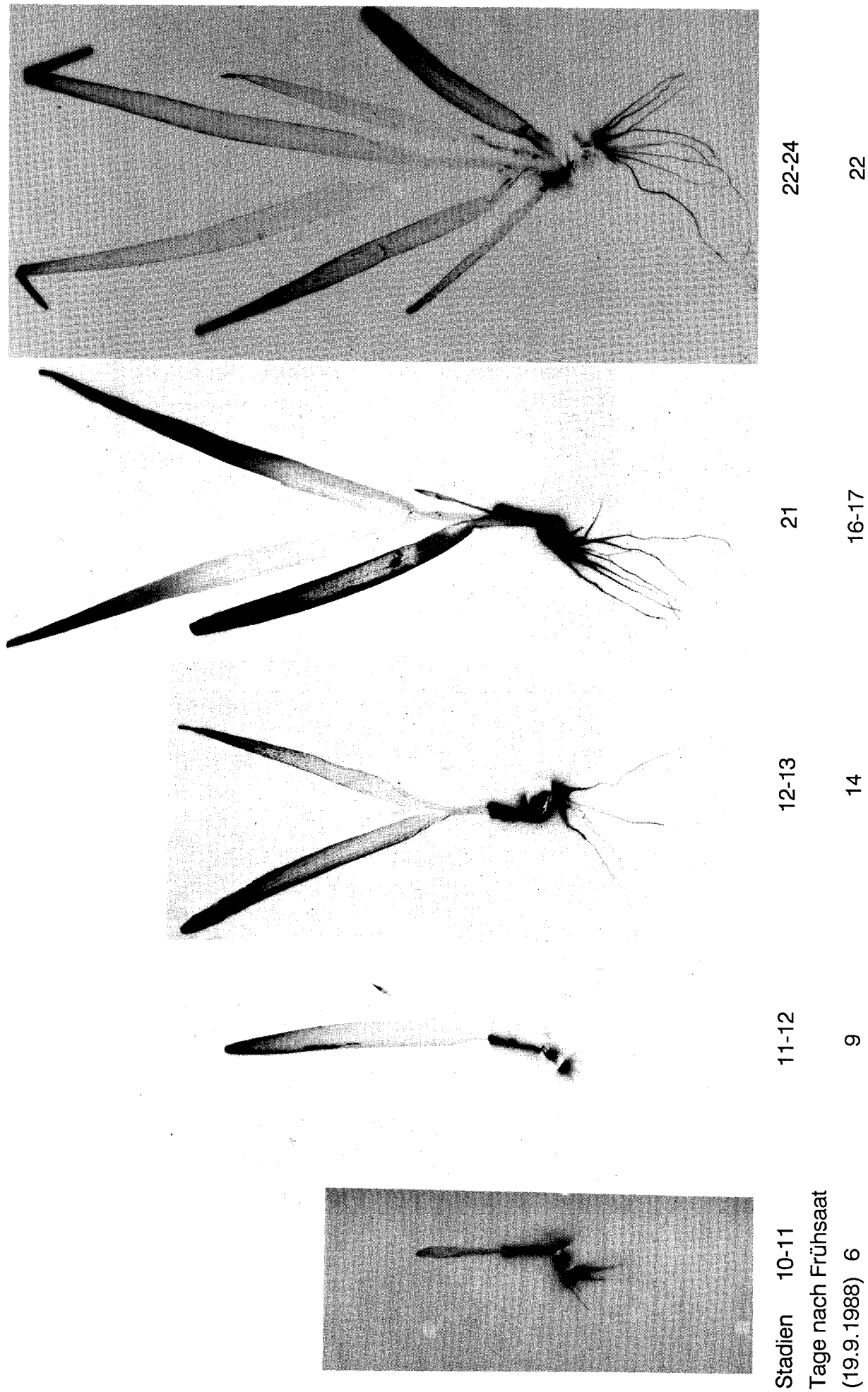
Tab. 11: Radioaktivitätsaufnahme aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen derselben Saatreihe in % der ^{14}C -Gesamtaufnahme in [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste.

VERSUCHS-VARIANTE	Entwicklungsstadium		
	12-13	21	22-23
	[% der Gesamtaufnahme]		
STD/FRÜH		0.4	0.6
STD/SPÄT		1.4	1.6
FEU/FRÜH	4.6	12.0	11.6
FEU/SPÄT	4.5	5.0	6.2
TRO/FRÜH		1.2	2.8
TRO/SPÄT		1.4	3.9

3.2.3.2.8 Radioaktivitätsverteilung innerhalb der Blätter

Aufgrund der guten Xylem-Mobilität des Wirkstoffes wurde die Radioaktivität sehr schnell bis in die Blattspitzen transloziert (Abb. 25 und 26). Die Koleoptilen waren auf den meisten Autoradiographien nach längeren Expositionszeiten vollständig geschwärzt. Mit kürzeren Expositionszeiten konnte allerdings gezeigt werden, daß auch in den Koleoptilenspitzen eine Akkumulation von radioaktiv markierten

Abb. 25: ^{14}C -Aufnahme in frühgesäter Wintergerste (STD) nach Saatgutbeizung mit $[^{14}\text{C}]\text{Baytan 075 FS}$.



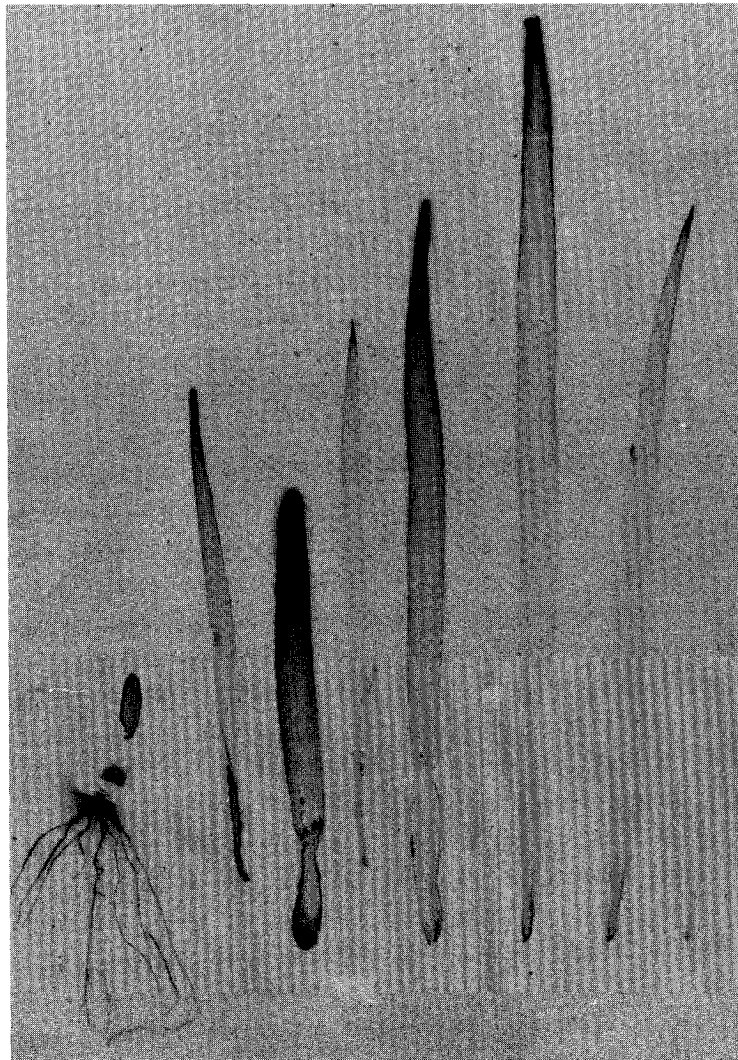


Abb. 26: ^{14}C -Verteilung in frühgesäter Wintergerste (STD) im Stadium der Bestockung (22 - 23) nach Saatgutbeizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS.

Verbindungen auftrat (Abb. 26). Die stärksten Schwärzungen waren bei allen Sproßorganen stets an den Orten der höchsten Transpiration, d.h. sowohl in den marginalen wie akropetalen Blattbereichen zu finden, wobei offenbar auch die Blatthäutchen einen "sink" für den Wirkstoff darstellten (Abb. 26).

Ausscheidungen von Wirkstoff über Guttation wurden im Rahmen dieser Arbeit an anderer Stelle (s. 3.3.2.1) nachgewiesen (Abb. 25). Die distinkten Schwärzungen an der Spitze des 1. Blattes (Abb. 25), die bereits kurz nach dem Auflaufen (10 - 11) bei allen autoradiographierten Pflanzen nachweisbar waren, erhärten die Befunde, daß



Abb. 27: [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste (FEU) kurz nach Feldaufgang (10 -11) der Spätsaat.

Legende: --► Guttationstropfen

der Wirkstoff schon im frühen Stadium der Keimpflanzenentwicklung aktiv aus der Pflanze austreten kann. Beobachtungen während des Lysimeterversuchs (Abb. 27) und aus dem Freiland bestätigten, daß Getreidepflanzen besonders bei herbstlichen Hochdruckwetterlagen Guttationstropfen über die Blattspitzen ausscheiden.

Aufgrund des primär apoplastischen Transportes von Triadimenol und/oder seinen Metaboliten wiesen auch bei starker Entleerung vornehmlich basaler Blattbereiche die Leitgewebe bzw. die Zellwandbereiche noch immer Radioaktivität auf (Abb. 25 und 26). Darüberhinaus waren nicht nur im frühen Entwicklungsstadium (11 - 12; Abb. 28), sondern auch noch während der Bestockung (22 - 23) deutliche Radioaktivitätskonzentrationen an der Basis der Blätter feststellbar.

Bereits im 1 - 2-Blatt-Stadium (11 - 12) der Wintergerste zeigten die autoradiographischen Darstellungen lokale Akkumulationen radioaktiver Verbindungen auf der Spreite des Primärblattes (Abb. 28). Kälberer (1979) stellte nach parasitischem Pilzbefall von Bohnen-, Gurken- und Gerstenpflanzen eine Anreicherung von ^{14}C -markierten Fungiziden (Carbendazim; Pyracarbolid) bzw. ^{14}C -Metaboliten an den

Infektionsstellen im Wirtsgewebe fest. Von einer Mehltauinfektion konnten die in Abb. 28 erkennbaren ^{14}C -Akkumulationen aber nicht stammen, da die STD-Pflanzen, von denen die Aufnahmen angefertigt wurden, über dieses frühe Entwicklungsstadium hinaus noch längere Zeit befallsfrei blieben (s. 3.2.3.3).

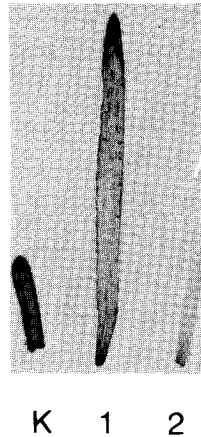


Abb. 28: Radioaktivität im Sproß von frühgesäter Wintergerste (Stadium 11 - 12) nach Saatgutbeizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS.
Fraktionierung in Koleoptile (K), 1. Blatt (1)
und 2. Blatt (2)

In allen Entwicklungsstufen der Wintergerste wiesen die Wurzeln bis in die Spitzenbereiche Radioaktivität auf (Thielert, 1984). Selbst in den distalen Partien der Wurzeln älterer Pflanzen (22 - 23) konnten noch geringe Schwärzungen beobachtet werden. Mit großer Wahrscheinlichkeit waren diese Wurzelteile aber bereits aus dem Beizhof herausgewachsen, was auf eine endogene Verlagerung von Radiokohlenstoff, wie sie in den Versuchen unter 3.5.1 nachgewiesen wurde, schließen läßt.

3.2.3.2.9 Wirkstoffgehalte in der Pflanze

Um tendenzielle Effekte der Bodenfeuchtevarianten auf den Triadimenol-Gehalt der Wintergerste abschätzen zu können, wurden neben der differenzierten Betrachtung der Einzelblätter auch die Wirkstoffgehalte kompletter Sprosse in die Auswertungen aufgenommen. Diese wurden auf der Basis der Einzelblattanalysen berechnet.

Wirkstoffgehalte im Gesamtsproß

Unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchte sanken die relativen [^{14}C]Triadimenol-Gehalte im Sproß der Wintergerste im Verlaufe der Vegetationszeit. Bis zur 3. Probenahme (12 - 13) konnten zwischen den 3 Varianten keine gravierenden Unterschiede festgestellt werden. Noch knapp 70 - 90 % der in den Pflanzen gefundenen Radioaktivität waren Wirkstoff (Tab. 12). Die durchschnittlichen Konzentrationen an [^{14}C]Triadimenol lagen nicht unter 1 mg/kg FM (Tab. 13).

Tab. 12: Relativer Gehalt an [^{14}C]Triadimenol in den Sprossen von früh- bzw. spät- gesäter Wintergerste nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS.
- Versuch 1 -
Gesamtradioaktivität in den Sprossen = 100 %

Entwicklungs- stadium	Frühsaat			Spätsaat		
	STD	FEU	TRO	STD	FEU	TRO
	% der Radioaktivität im Sproß					
10/11	90.8	86.7	81.7	89.9	87.7	90.8
11/12	83.7	n.b.	n.b.	86.4	n.b.	n.b.
12/13	n.b.	76.8	73.3	n.b.	70.5	67.4
22/23	63.6	25.3	43.6	47.5	31.8	40.1

Tab. 13: [^{14}C]Triadimenol-Konzentration in den Sprossen von früh- bzw. spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS.
- Versuch 1 -

Entwicklungs- stadium	Frühsaat			Spätsaat		
	STD	FEU	TRO	STD	FEU	TRO
	mg [^{14}C]Triadimenol / kg FM					
10/11	2.18	2.03	2.11	1.65	1.26	1.20
11/12	1.40	n.b.	n.b.	1.27	n.b.	n.b.
12/13	n.b.	1.02	1.07	n.b.	1.22	1.15
22/23	0.36	0.12	0.43	0.51	0.19	0.38

Zur Bestockung (22 - 23) der Wintergerste wurde dagegen im Vergleich zu den natürlichen Verhältnissen (STD) in den Pflanzen, die unter FEU- (I; II) bzw. TRO-Bedingungen (I) aufgewachsen waren, ein geringerer Wirkstoffgehalt ermittelt. Die Höhe der relativen Wirkstoffgehalte im Sproß der Wintergerste nahm in der Reihenfolge der Varianten STD > TRO > FEU ab.

Nach beiden Saatterminen waren zur Bestockung (22 - 23) die Triadimenol-Konzentrationen im Sproß der STD-Pflanzen (ca. 0.4 (I) bzw. 0.5 (II) mg/kg FM) mit denen der TRO-Pflanzen (ca. 0.4 mg/kg FM (I, II)) vergleichbar (Tab. 13). Die beiden Varianten unterschieden sich innerhalb eines Saattermins lediglich um den Faktor 1.2 (I) bzw. 1.3 (II). Dagegen wiesen die FEU-Pflanzen (ca. 0.1 (I) bzw. 0.2 (II) mg/kg FM) im gleichen Stadium, unabhängig vom Saattermin, nur etwa 1/3 der mittleren Wirkstoffkonzentration der STD-Pflanzen auf. Sie verfügten damit nur noch über ca. 0.6 (I) bzw. 0.8 (II) % der ursprünglich pro Korn applizierten Wirkstoffmenge (Tab. 14).

Tab. 14: Gehalt an [^{14}C]Triadimenol in den Sprossen von früh- bzw. spätgesäter Wintergerste bezogen auf die mittlere Radioaktivitätsapplikation pro Korn nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS.

- Versuch 1 -

Applizierte Radioaktivität bzw. Wirkstoffmenge/Korn = 100 %

Applizierte Wirkstoffmenge = 14.6 μg (s. Tab. 6)

Entwicklungs- stadium	Frühsaat			Spätsaat		
	STD	FEU	TRO	STD	FEU	TRO
	% der applizierten Radioaktivität					
10/11	0.83	0.58	0.78	0.67	0.50	0.38
11/12	1.36	n.b.	n.b.	1.11	n.b.	n.b.
12/13	n.b.	2.00	2.46	n.b.	1.61	1.58
22/23	3.14	0.80	2.25	1.65	0.59	1.30

Wirkstoffgehalte in einzelnen Blättern

Unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchte sanken die Wirkstoffgehalte der einzelnen Sproßfraktionen im Verlauf der Vegetationsperiode, so daß bei der letzten Probenahme (22 - 23) in den ältesten Organen auch die geringsten [^{14}C]Triadimenol-Gehalte nachgewiesen wurden. Im gleichen Zeitraum nahm vor allem der Anteil an wasserlöslichen (Wasserphase), aber auch an etwas weniger polaren Metaboliten (organische Phase) erheblich zu. Die nicht extrahierbaren Rückstände lagen zumeist unter 10 %, waren allerdings mit ca. 15 - 55 % der Radioaktivität in den Koeoptilen erheblich höher (Abb. 29 und 30; Anhang-Tab. 22 - 27).

Unabhängig vom Saattermin repräsentierten unter natürlichen Bedingungen (STD) im Stadium 11 - 12 im Mittel noch 85.6 % der Radioaktivität im Primärblatt den Wirkstoff [^{14}C]Triadimenol. Im Stadium 12 - 13 waren es auch in den FEU- bzw. TRO-Pflanzen noch immer durchschnittlich 72.7 ± 6.4 % der im 1. Blatt und 77.2 ± 6.5 % der im 2. Blatt wiedergefundenen Radioaktivität. Verglichen mit den STD- und TRO-Bedingungen war das Diastereomeren-Verhältnis in allen Blättern der FEU-Pflanzen jedoch schon im Stadium 12 - 13 zugunsten von Triadimenol B verschoben, und zwar sowohl nach der Früh- als auch nach der Spätsaat (Abb. 29 B und 30 B; Anhang-Tab. 23 und 26). Diese Verengung des Diastereomeren-Verhältnisses wurde auch im Stadium der Bestockung (22 - 23) nachgewiesen. Sie war nach der Spätsaat (Anhang-Tab. 26) stärker ausgeprägt als nach der Frühsaat (Anhang-Tab. 23). Allerdings deutete sich nach den stärkeren Regenfällen, die ab November einsetzten (Abb. 19), auch in den spätgesäten STD- und TRO-Pflanzen eine solche Änderung der Diastereomeren-Zusammensetzung in den Blättern an (Abb. 30; Anhang-Tab. 25 und 27).

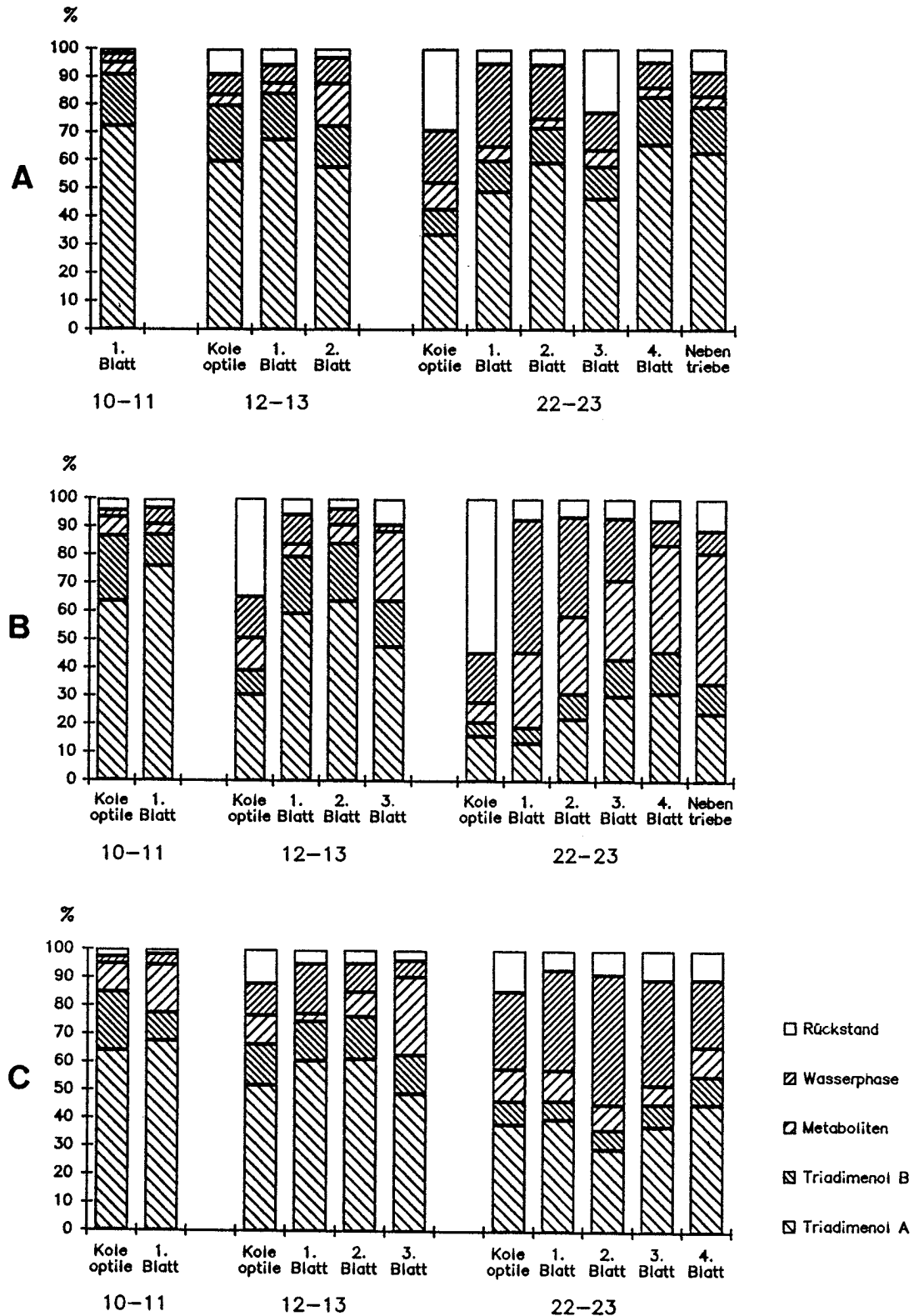


Abb. 29:

Verteilung der Radioaktivität in Sproßfraktionen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion frühgesäter Pflanzen aus den Varianten STD (A), FEU (B) und TRO (C)

Radioaktivität in den Sproßfraktionen = 100 %.

nicht extrahierbare Radioaktivität = Rückstand

extrahierbare Radioaktivität = Wasserphase und organische Phase (Triadimenol A und B, Metaboliten)

Abb. 30: Verteilung der Radioaktivität in Sproßfraktionen [^{14}C] Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion spätgesäter Pflanzen aus den Varianten STD (A), FEU (B) und TRO (C)

Radioaktivität in den Sproßfraktionen = 100 %.

nicht extrahierbare Radioaktivität = Rückstand

extrahierbare Radioaktivität = Wasserphase und organische Phase (Triadimenol A und B, Metaboliten)

Die Radioaktivität, die im Stadium 11 - 12 in die sich gerade entwickelnden 2. Blätter der STD-Pflanzen (I, II) bzw. im Stadium 12 - 13 in die sich gerade bildenden 3. Blätter der FEU- bzw. TRO-Pflanzen transloziert wurde, repräsentierte allerdings im Vergleich zu den jeweils älteren 1. (11 - 12) bzw. 1. und 2. Blättern (12 - 13) nur noch zu durchschnittlich $63.1 \pm 7.8 \%$ den unveränderten Wirkstoff, wobei dieser Radiokohlenstoff zum einen über die Wurzel oder die Sproßbasis, zum anderen aber auch noch aus der Karyopse in die jüngsten Blätter gelangt sein konnte, denn die Endospermreserven waren zu diesem Zeitpunkt noch nicht vollständig verbraucht. Dazu muß jedoch einschränkend hinzugefügt werden, daß sich bei der dünnschichtchromatographischen Analyse von so geringen absoluten Radioaktivitätsmengen, wie sie in den 2. und 3. Blättern der o.g. Stadien gemessen wurden (0.01 - 0.03 % der applizierten Radioaktivität; Anhang-Tab. 11, 12, 18 und 19), regelmäßig ein hohes Untergrundniveau ergab, das möglicherweise nicht immer exakt von der tatsächlich aufgetragenen Radioaktivität differenziert werden konnte.

Nach der Frühsaat nahmen unter den natürlichen Verhältnissen (STD) zwischen den Stadien 11 - 12 (9 Tage nach Saat) und 22 - 23 (22 Tage nach Saat) die Wirkstoffgehalte in den Gerstenblättern langsamer ab als in den FEU- bzw. TRO-Pflanzen zwischen den Stadien 12 - 13 (14 bzw. 15 Tage nach Saat) und 22 - 23 (32 bzw. 35 Tage nach Saat) (Abb. 30). Dagegen waren die Unterschiede zwischen den Pflanzen aus der FEU- (I) und TRO-Variante (I) deutlich geringer. Allerdings lagen die relativen Wirkstoffgehalte im Primärblatt der TRO-Pflanzen (46.6 %), aufgrund des noch unmittelbar vor der letzten Probenahme (22 - 23, 35 Tage nach Saat) erfolgten ^{14}C -Eintportes (Abb. 21 B), etwa dreimal so hoch wie im Primärblatt der FEU-Pflanzen (19.1 %), die nur 3 Tage zuvor im gleichen Stadium (22 - 23, 32 Tage nach Saat) geerntet wurden.

Auch nach der Spätsaat waren die relativen Gehalte an $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol in den einzelnen Blättern der STD-Pflanzen tendenziell höher als in den FEU-Pflanzen. Dies ließ sich jedoch im Vergleich der STD- und TRO-Verhältnisse anhand der Einzelblattergebnisse nicht feststellen.

3.2.3.3 Mehltaubefall

Nach der Frühsaat trat ein natürlicher Mehltaubefall in der Wintergerste in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten und bei unterschiedlichen Konzentrationen an Wirkstoff bzw. Wirkstoffäquivalenten auf.

Der erste Befall wurde auf der oberen Hälfte des Primärblattes im TRO-Lysimeter ca. 15 Tage nach der Frühsaat (12 - 13) beobachtet. Nahezu der gesamte Bestand war befallen. Die Konzentration an Wirkstoffäquivalenten lag zu diesem Zeitpunkt mit

1.84 mg/kg FM noch über den entsprechenden Konzentrationen in den STD- (1.23 mg/kg FM) bzw. FEU-Pflanzen (1.67 mg/kg FM) (Abb. 23; Anhang-Tab. 10).

An den FEU- und STD-Pflanzen trat der früheste Befall zwar etwa zu dem gleichen Zeitpunkt, 20 Tage nach der Frühsaat, auf, aber die Infektion erfolgte wegen der retardierten Entwicklung der FEU-Pflanzen (Abb. 18 A) zu jeweils unterschiedlichen Stadien. Die STD-Pflanzen waren bereits in der Bestockungsphase (21 bis 22 - 23) und hatten Wirkstoffäquivalent-Konzentrationen von 0.95 - 1.39 mg/kg FM im ersten Blatt akkumuliert. Die FEU-Pflanzen befanden sich zur selben Zeit aufgrund der langsameren Entwicklung erst zwischen dem Stadium 12 - 13 und 21 und wiesen noch Konzentrationen zwischen 1.67 und 0.96 mg/kg FM im ersten Blatt auf. Auch unter den natürlichen (STD) und den FEU-Verhältnissen waren vorwiegend die apikalen Blatthälften vom Mehltau betroffen.

In Verbindung mit der anhaltend niedrigen Bodenfeuchte unter den TRO-Bedingungen war der Mehltaudruck nach der Frühsaat so stark, daß die weitere Mehltauausbreitung 25 Tage nach Aussaat durch eine Spritzapplikation von Triadimefon (^RBayleton) in der praxisüblichen Aufwandmenge von 125 g Wirkstoff/ha gestoppt werden mußte. Bis zur 4. Probenahme war jedoch das erste Blatt im oberen Spreitenbereich schon so stark geschädigt und ausgetrocknet, daß Frischmassenverluste von mehr als 50 % auftraten (s. 3.2.3.1; Anhang-Tab. 3).

Nach der Spätsaat wurde in allen Varianten etwa zur gleichen Zeit, 33 Tage nach der Saat, ein deutlicher Mehltaubefall festgestellt. Die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten lagen zu diesem Zeitpunkt, unabhängig von den Bodenfeuchteverhältnissen, bei 2.0 - 2.2 mg/kg FM in den 1. Blättern. Auch hier waren zunächst überwiegend die apikalen Teile befallen. Pflanzen unter TRO-Bedingungen waren am stärksten, Pflanzen unter FEU-Verhältnissen am schwächsten betroffen.

In allen Fällen war, unabhängig von Saattermin und Behandlung, eine Wirkung der Beizung mit Triadimenol gegenüber der unbehandelten Kontrolle feststellbar.

3.2.3.4 Radioaktivität auf bzw. in den Karyopsen, im Boden sowie im Perkolat

Unabhängig von der Bodenfeuchte und dem Saatzeitpunkt waren kurz nach Feldaufgang (10 - 11), innerhalb von nur 5 - 6 Tagen nach der Früh- bzw. 10 Tagen nach der Spätsaat, bereits 50 - 80 % der applizierten Triadimenol-Menge von den Karyopsen in den Umgebungsboden übergegangen (Tab. 15).

Anschließend nahm die Radioaktivität in bzw. auf den Karyopsen jedoch infolge der Beregnung (FEU) signifikant schneller ab als unter den natürlichen (STD) oder trockeneren Bedingungen (TRO). Sie fiel nach früherer Saat innerhalb von nur 3 Tagen von 31.1 % im Stadium 10 - 11 (5 Tage nach Saat) auf 9.5 % der applizierten Radio-

^R Eingetragenes Warenzeichen der Bayer AG, Leverkusen

aktivität im Stadium 11 - 12 (8 Tage nach Saat). Nach der späteren Saat erfolgte ein Rückgang innerhalb von 10 Tagen von 41.2 % (10 - 11, 10 Tage nach Saat) auf 6.7 % der applizierten Radioaktivität (11 - 12, 20 Tage nach Saat). Zur Bestockung (22 - 23) waren dann nach beiden Saatterminen nur noch zwischen 1 - 3 % in bzw. auf den Karyopsen nachweisbar.

Obwohl nur geringe natürliche Niederschläge fielen, erfolgte nach der Frühsaat im STD-Lysimeter ein signifikant schnellerer Radioaktivitätsabtrag vom Korn als im TRO-Lysimeter (Tab. 15). Nach der Spätsaat dagegen waren anfängliche Unterschiede zwischen den beiden Varianten nicht signifikant. Vielmehr sanken die ^{14}C -Gehalte der Karyopsen mit zunehmender Niederschlagshäufigkeit gleichermaßen schnell von 38.8 % (STD) bzw. 54.3 % der applizierten Radioaktivität (TRO) im Stadium 12 - 13 (32 Tage nach Saat) auf ca. 8 % bei der Bestockung (21, 57 - 60 Tage nach Saat) und 3 - 5 % bei Versuchsende (22 -23, 71 - 74 Tage nach Saat).

Die Gesamt-Radioaktivitätsgehalte der Karyopsen aus den ersten beiden Probenahmen (10 - 11 und 11 - 12), die sich aus der ^{14}C -Bestimmung (Tab. 15) oder aus den Fraktionierungsanalysen (Tab. 17) ergaben, stimmten generell gut überein und ergaben lediglich in zwei Fällen (STD (I), 10 - 11 und FEU (II), 10 - 11) größere Abweichungen, was sich aus der Streuung der mittleren Radioaktivität/Korn nach der Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS erklären läßt (s. 3.1).

Der rasche Radioaktivitätsabtrag vom Korn nach simulierten Niederschlägen (FEU) erhöhte nach beiden Saatterminen in den frühen Entwicklungsstadien der Wintergerste (10 - 11 und 11 - 12) die ^{14}C -Aktivität im Boden schneller als in den beiden anderen Varianten (STD, TRO) (Tab. 16).

Bis zum Ende der Versuche, 35 Tage nach der Früh- und 74 Tage nach der Spätsaat, konnte keine Radioaktivität im Perkolat der Lysimeter nachgewiesen werden.

3.2.3.4.1 Verteilung der Radioaktivität auf bzw.in den Karyopsen und Wirkstoffgehalt im Endosperm

Unabhängig vom Saattermin waren gegenüber den natürlichen (STD) und TRO-Verhältnissen unter dem Einfluß der Beregnung (FEU) die Radioaktivitätsverluste von der Oberfläche und aus den Spelzen der Karyopsen an den beiden ersten Probenahmeterminen (10 - 11, 11 - 12) wesentlich erhöht (Tab. 17). Sogar im Gewebe von Pericarp/Testa trat nach der Spätsaat infolge des zusätzlichen Niederschlages (FEU) ein deutlicher Verlust an ^{14}C -Aktivität auf. So wurden in dieser Fraktion kurz nach dem Auflaufen (10 - 11) noch 3.6 % der applizierten Radioaktivität ermittelt, 10 Tage (11 - 12) später waren es nur noch 0.7 %. Dagegen fand unter den TRO-Bedingungen nach der Spätsaat aufgrund der geringen Bodenfeuchte von nur etwa 32 % (10 - 11) bzw. 28 % WK_{max} (11 - 12) noch nicht einmal ein Radioaktivitätsab- bzw. -austrag von der Spelzenoberfläche bzw. aus der Spelze statt.

Trotz der ^{14}C -Verluste der Karyopsen als Folge des Wirkstoffübergangs in den Umgebungsboden blieb die interne Verteilung der Radioaktivität auf bzw. innerhalb der Karyopsen über die gesamte Versuchsdauer weitgehend stabil (Tab. 18). Unabhängig vom Saattermin und der Bodenfeuchte waren zu allen Probenahmeterminen noch etwa 4/5 der auf oder in den Karyopsen wiedergefundenen Radioaktivität (= 100 %) so fest an das Korn gebunden, daß sie bei 2-minütiger Elutionszeit nicht mehr mit Aceton abgewaschen werden konnten (Tab. 18). Dieser Radioaktivitätsanteil, der im Mittel aller [^{14}C]Baytan-gebeizten Varianten bei 80.5 ± 9.2 % lag, wurde daher als "in-die-Karyopsen-aufgenommen" betrachtet, wobei nach der Frühsaat unter den TRO-Bedingungen und nach der Spätsaat unter den STD-Bedingungen die Tendenz erkennbar wurde, daß mit zunehmender Verweildauer der Körner im Boden der relative Anteil an 'aufgenommener' ^{14}C -Aktivität anstieg. Die Differenzierung und Quantifizierung der Radioaktivität in den Karyopsen zu Beginn der Keimpflanzenentwicklung (Tab. 17) erbrachte, daß sich im Stadium 10 - 11 und 11 - 12 noch ca. 80 - 90 % der wiedergefundenen Radioaktivität in der Spelze befanden oder von der Karyopsenoberfläche abwaschbar waren (Tab. 19). Zwischen 9 % und 17 % der Radioaktivität konnten in den meisten Fällen noch im Gewebe von Pericarp/Testa lokalisiert werden. Nur die heftigen Niederschläge nach Feldaufgang (FEU (I, II)) bewirkten zwischen den beiden ersten Probenahmen signifikante Veränderungen in der relativen ^{14}C -Verteilung auf bzw. in den Karyopsen. Dadurch, daß ein rascher ^{14}C -Abtrag von den peripheren Partien der Karyopse erfolgte, sank der relative ^{14}C -Anteil im Randbereich der Karyopse (Kornoberfläche und Spelze) während er im Innern (Pericarp/Testa) anstieg.

Wirkstoffgehalt im Endosperm

Im Mittel der 3 Bodenfeuchtevarianten und der beiden Saattermine waren im Stadium 10 - 11 nur 58.2 ± 14.0 % und im Stadium 11 - 12 nur 65.1 ± 16.9 % der im Endosperm gefundenen Radioaktivität als [^{14}C]Triadimenol nachzuweisen. Nach beiden Saatterminen stiegen die relativen Triadimenol-Gehalte unter den STD- und TRO-Bedingungen mit zunehmender Endospermentleerung an. Dagegen sanken sie unter den FEU-Verhältnissen von ca. 83 % (I) bzw. 42 % (II) im Stadium 10 - 11 auf ca. 74 % (I) bzw. 32 % (II) im Stadium 11 - 12, so daß sie nach der Spätsaat nur etwa halb so hoch lagen wie nach der Frühsaat.

Tab. 15:

Radioaktivität auf bzw. in den Karyopsen früh- und spätesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Wiederholung von 10 - 20 Karyopsen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität (Frühsaat)									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS			Feucht			Trocken			[¹⁴ C]Baytan 25 DS
Standard			Feucht			Trocken			Standard
Stadium	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		$\bar{x}$ s
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	1/4Q-3/4Q		
10-11	19.2 ^a	13.9-27.2	31.1 ^{a,b}	16.9-46.1	31.0 ^b	21.3-90.5	36.7 [*]	± 11.3	
11-12	21.6 ^{a,b}	11.1-27.7	9.5 ^a	7.8- 18.0	23.4 ^b	18.8-48.1	35.2 [*]	± 10.4	
12-13	12.0 ^a	6.9-16.6	4.5 ^b	3.4- 8.1	23.9 ^c	19.6-44.2	16.1 [*]	± 4.8	
21	10.6 ^a	5.9-15.1	3.2 ^b	2.8- 3.9	18.5 ^c	11.8-31.5	20.1 [*]	± 6.6	
22-23	7.4 ^a	5.6-12.7	2.6 ^b	2.3- 4.8	28.2 ^c	12.3-34.5	8.8	± 4.1	

Stadium	% der applizierten Radioaktivität (Spätsaat)										[¹⁴ C]Baytan 25 DS Standard
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					Trocken					
	Standard		Feucht			Trocken			$\bar{x}$	s	
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q					
10-11	38.7 ^a	29.9-75.3	41.2 ^a	24.3-51.8	48.3 ^a	34.2-52.8	34.9	± 8.1			
11-12	28.1 ^a	22.8-47.6	6.7 ^b	5.3-13.2	37.3 ^a	26.4-55.6	39.1	± 13.3			
12-13	38.8 ^a	18.5-51.8	5.3 ^b	3.7-5.9	54.3 ^a	41.0-69.1	34.8	± 12.7			
21	8.2 ^a	6.8-10.2	1.8 ^b	1.3-3.9	7.7 ^a	5.1-17.0	14.3 [*]	± 6.0			
22-23	4.8 ^a	2.9-10.0	1.2 ^b	0.7-1.2	3.0 ^a	2.1-5.4	5.2	± 1.9			

Nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). In der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Tab. 16: Radioaktivitätsgehalte im Boden.
- Versuch 1 -

Beizung Behandlung	Frühsaat (I) 19. Sept. 1985				Spätsaat (II) 10. Okt. 1985			
	Baytan 075 FS		Baytan 25 DS		Baytan 075 FS		Baytan 25 DS	
	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO	Standard STD	Standard STD	Feucht FEU	Trocken TRO	Standard STD
Stadium	% der applizierten Radioaktivität							
10-11	46.8	69.0	77.7	62.6	47.0	57.5	28.7	58.1
11-12	61.4	97.7	56.2	64.8	64.3	77.2	40.0	51.4
12-13	56.7	76.5	57.3	68.8	57.0	96.1	48.5	60.8
21	95.6	72.6	59.1	72.4	96.1	77.7	76.7	73.6
22-23	70.6	88.3	70.7	88.9	70.9	60.0	74.7	81.2

Tab. 17: Zuordnung der Radioaktivität von [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen früh- und spätgesäter Wintergerste auf die Fraktionen Kornoberfläche¹, Spelze, Pericarp/Testa und Endosperm.
Mittelwerte von 10 - 20 Wiederholungen
- Versuch 1 -

Versuchs- variante	Tage n.d. Saat	Kornoberfläche Median 1/4Q-3/4Q	Spelze Median 1/4Q-3/4Q	Pericarp/Testa Median 1/4Q-3/4Q	Endosperm Median 1/4Q-3/4Q	Gesamtkaryopse Median 1/4Q-3/4Q
Frühsaat <u>10-11</u>						
STD	6	13.3 ^a	18.0 ^a	5.6 ^a	1.5 ^a	42.6 ^a
FEU	5	7.9 ^a	17.8 ^a	4.7 ^a	0.8 ^a	31.1 ^a
TRO	6	13.2 ^a	14.9 ^a	5.4 ^a	1.5	34.6 ^a
<u>11-12</u>						
STD	9	5.3 ^a	10.8 ^a	2.7 ^a	1.3 ^a	20.3 ^a
FEU	8	1.7 ^b	5.0 ^b	3.5 ^a	1.2 ^a	10.5 ^b
TRO	8	6.9 ^a	10.1 ^a	3.8 ^a	1.8	24.8 ^a
Spätsaat <u>10-11</u>						
STD	10	15.9 ^{a,b}	20.5 ^a	3.5 ^a	1.2 ^a	40.1 ^{a,b}
FEU	10	11.8 ^a	14.9 ^a	3.6 ^a	3.0 ^a	30.6 ^a
TRO	10	20.4 ^b	14.9 ^a	5.4 ^a	1.9	41.4 ^b
<u>11-12</u>						
STD	20	9.1 ^a	12.3 ^a	2.7 ^a	0.8	28.3 ^a
FEU	20	0.7 ^b	3.2 ^b	0.7 ^b	1.6	6.5 ^b
TRO	18	20.8 ^a	15.8 ^a	2.7 ^a	1.1	40.2 ^a

Innerhalb jeder Fraktion sind die signifikanten Unterschiede zwischen den früh- bzw. spätgesäten Varianten eines Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$).

¹ innerhalb von zwei Minuten mit Aceton abwaschbar.

Tab. 18:

Anteil der "in das Korn eingedungenen" Radioaktivität ¹⁾ an der wiedergefundenen Radioaktivität von Karyopsen früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und 25 DS.
Mittelwerte von 14 - 20 Wiederholungen

- Versuch 1 -

Stadium	% der wiedergefundenen Radioaktivität nach Frühsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
Standard		Feucht					Trocken			
	$\bar{x}$	VK%	$\bar{x}$	VK%		$\bar{x}$	VK%	$\bar{x}$	VK%	
10-11	85.6	8.5	73.0	n.b.		66.9	34.5	82.3	11.4	
11-12	82.7	17.3	85.7	27.0		71.7	20.9	84.9	8.1	
12-13	87.9	11.9	72.2	29.5		80.1	19.5	93.1	5.5	
21	88.7	15.9	86.2	12.1		87.5	15.5	89.7	7.2	
22-23	83.0	32.5	77.9	25.0		81.1	18.5	n.b.	n.b.	

Stadium	% der wiedergefundenen Radioaktivität nach Spätsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
Standard		Feucht					Trocken			
	$\bar{x}$	VK%	$\bar{x}$	VK%		$\bar{x}$	VK%	$\bar{x}$	VK%	
10-11	65.4	20.8	86.0	13.6		71.3	26.5	85.7	15.4	
11-12	69.8	24.4	94.9	9.4		75.0	17.9	88.6	7.3	
12-13	72.5	22.7	n.b.	n.b.		62.7	27.6	85.4	13.1	
21	88.0	15.2	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	
22-23	90.6	8.6	n.b.	n.b.		n.b.	n.b.	n.b.	n.b.	

¹⁾ nach 2 Minuten Waschen in Aceton

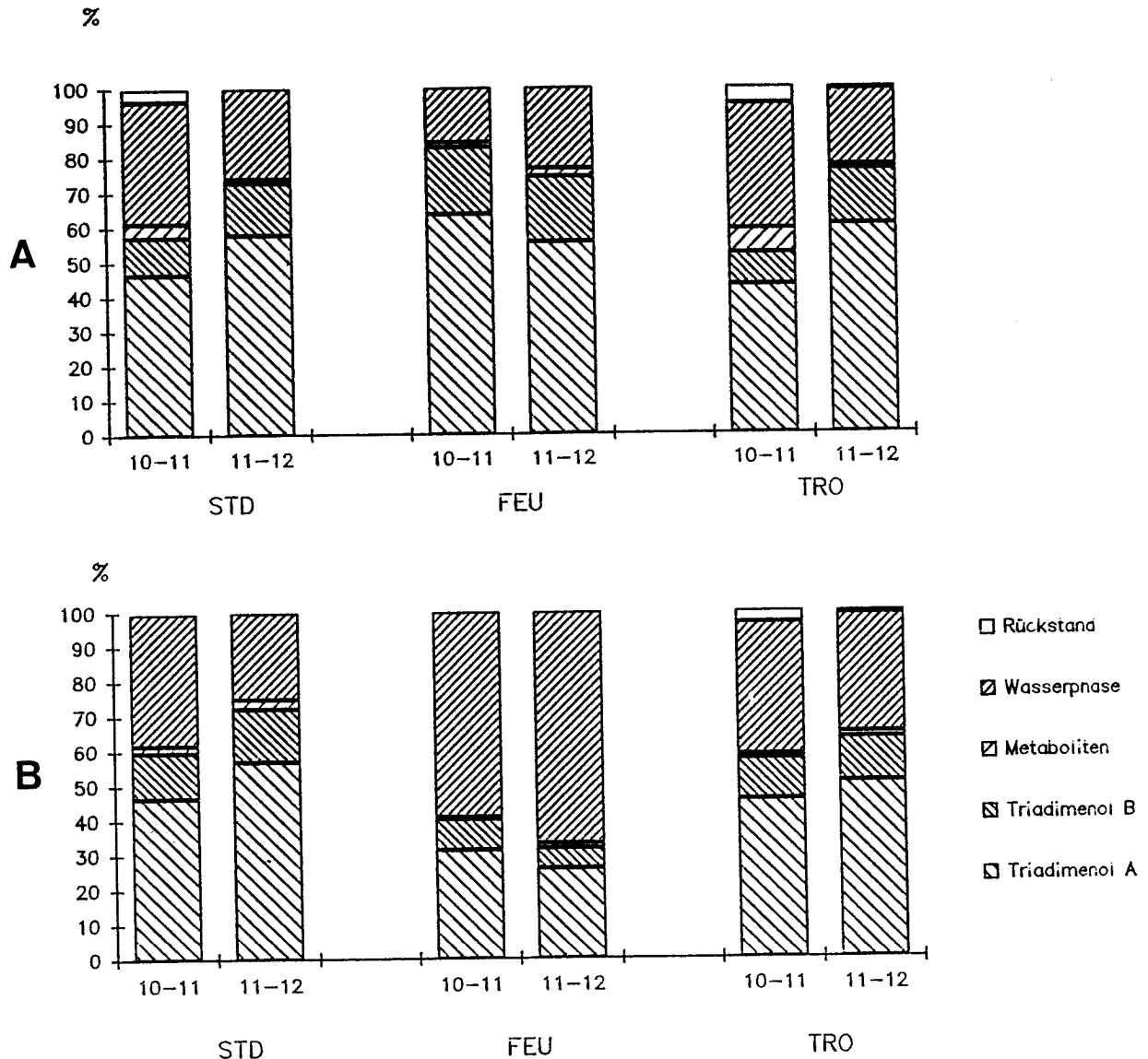


Abb. 31: Verteilung der Radioaktivität im Endosperm nach Extraktion [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen von früh- (A) bzw. spätge-säter (B) Wintergerste in den Varianten STD, FEU und TRO. Radioaktivität im Endosperm = 100 %. nicht extrahierbare Radioaktivität = Rückstand extrahierbare Radioaktivität = Wasserphase und organische Phase (Triadimenol A und B, Metaboliten)

Im allgemeinen wurde im Endosperm das gleiche Diastereomeren-Verhältnis von 4 : 1, mit dem der Wirkstoff bei Versuchsbeginn appliziert wurde, festgestellt. Nach der Frühsaat kam es in der FEU-Variante allerdings zu Verschiebungen zugunsten des Triadimenol B.

3.2.3.5 Erfassung der potentiellen Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Beizhof durch Desorption

Unabhängig vom Saattermin und den Feuchteverhältnissen im Boden nahm die Desorbierbarkeit von Wirkstoffäquivalenten aus den Beizhöfen der Wintergerstenkaryopsen mit zunehmender Anzahl an Desorptionsschritten ab (Abb. 32). Die höchste Desorptionsrate wurde bereits nach einer Stunde (1. Desorptionsgang) erreicht. Sie lag im zweiten Schritt noch etwa bei 1/3 der ersten (Tab. 20) und nahm in der Folge kontinuierlich ab bei nur kleinen Differenzen zwischen den einzelnen Desorptionen, wie exemplarisch anhand von Beizhofproben der STD- und FEU-Lysimeters ermittelt wurde (Abb. 32). Aus diesen konnten 5 - 6 Tage nach der Frühsaat (10 - 11) mit 10 Desorptionsgängen noch ca. 70 % der Radioaktivität desorbiert werden. Der einzige Unterschied zwischen dem Boden mit hoher Wassersättigung (FEU) und dem Boden mit geringerer Wassersättigung (STD) bestand in einem signifikanten Unterschied im Extraktionsergebnis des 1. Desorptionsschrittes (Tab. 20). So konnten 27.8 % der im Boden festgestellten Radioaktivität (= 100 %) unter den FEU-Bedingungen gegenüber 22.5 % unter natürlichen Verhältnissen (STD) desorbiert werden. Danach verliefen die Desorptionskurven weitgehend parallel (Abb. 32).

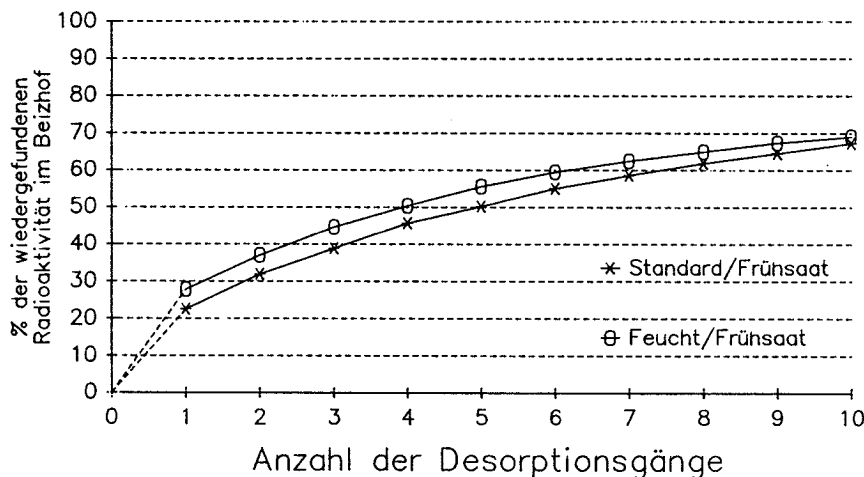


Abb. 32: Desorption der Radioaktivität aus Bodenproben von Beizhöfen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste in den Varianten Standard/Frühsaat und Feucht/Frühsaat

Unabhängig von Saattermin, Bodenfeuchte und Probenahme konnten mit dem 1. Desorptionsschritt noch ca. 15 bis 31 % der wiedergefundenen Radioaktivität aus den Beizhofproben desorbiert werden (Tab. 20). Im 2. und 3. Schritt sank die desorbierbare Radioaktivität auf ca. 5 bis 11 % bzw. 5 bis 8.5 %, so daß am Ende des 3-stufigen Desorptionszyklus ca. 50 - 75 % der im Boden festgestellten Radioaktivität als 'nicht-desorbiert' im Boden verblieben. Absolut wurden mit dem 1. Desorptionsschritt

Tab. 20: Desorbierte Radioaktivität aus Beizhöfen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen sowie nicht desorbierte Radioaktivität im Boden.
Mittelwerte von 4 Wiederholungen
- Versuch 1 -
Wiedergefundene ¹⁴C-Aktivität im Boden = 100 %

Variante	Entwicklungs- stadium Tage nach Saat	% desorbierte Radioaktivität						% nicht desorbierte Radioaktivität $\bar{x}$	s
		Desorption 1		Desorption 2		Desorption 3			
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
Frühsaat	<u>10-11</u>								
STD	6	22.50 ^{cd}	± 1.62	9.40 ^{ab}	± 0.87	7.00 ^{bc}	± 0.65	63.70	± 3.89
FEU	5	27.80 ^b	± 2.00	9.20 ^{ab}	± 0.50	7.60 ^b	± 0.40	55.40	± 3.93
TRO	6	31.01 ^a	± 1.67	10.86 ^a	± 2.32	8.63 ^a	± 0.73	49.50	± 2.92
	<u>22-23</u>								
STD	22	21.91 ^b	± 1.70	8.79 ^a	± 0.72	8.09 ^a	± 1.10	61.20	± 3.03
FEU	32	15.75 ^c	± 0.55	5.96 ^c	± 0.44	5.24 ^b	± 0.01	74.80	± 2.44
TRO	35	27.37 ^a	± 7.12	8.77 ^a	± 2.34	7.23 ^{ab}	± 2.15	56.63	± 11.69

Spätsaat	<u>10-11</u>								
STD	10	18.25 ^e	± 2.09	7.99 ^b	± 2.35	6.82 ^{bc}	± 1.01	66.95	± 4.99
FEU	10	20.12 ^{de}	± 1.97	7.54 ^b	± 0.33	6.21 ^c	± 0.31	66.12	± 2.53
TRO	10	23.68 ^c	± 1.26	9.14 ^{ab}	± 0.44	7.54 ^b	± 0.49	59.65	± 2.13
	<u>22-23</u>								
STD	71	21.40 ^b	± 1.53	8.03 ^{ab}	± 0.44	6.32 ^{ab}	± 0.22	64.25	± 2.08
FEU	74	15.67 ^c	± 1.92	5.59 ^c	± 0.67	5.68 ^b	± 0.51	73.06	± 3.02
TRO	74	19.88 ^{bc}	± 1.38	6.46 ^{bc}	± 0.83	6.17 ^{ab}	± 0.90	71.70	± 8.19

Signifikanz zwischen den Werten einer Spalte innerhalb eines Entwicklungsstadiums (Stadium 10-11 = *kursiv*) sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Duncan's multiple range test, $\alpha = 0.05$).
Signifikanz zwischen den Entwicklungsstadien innerhalb eines Saattermins sind durch Unterstreichung gekennzeichnet.

Tab. 21: Desorbierte Radioaktivität und Gesamtradioaktivität aus Beizhöfen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen in % der applizierten Radioaktivität.
Mittelwerte von 4 Wiederholungen
- Versuch 1 -

Variante	Entwicklungs- stadium Tage nach Saat	% der applizierten Radioaktivität								wiedergefundene Gesamtradioaktivität* $\bar{x}$ s
		Desorption 1		Desorption 2		Desorption 3		Boden (nicht desorbiert)		
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
Frühsaat	<u>10-11</u>									
STD	6	15.51	± 8.76	6.54	± 4.05	4.86	± 3.05	40.68	± 20.20	67.65 ± 36.02
FEU	5	6.89	± 2.93	2.22	± 0.70	1.86	± 0.74	13.33	± 4.36	24.30 ± 8.70
TRO	6	6.40	± 1.72	2.27	± 0.91	1.78	± 0.45	10.27	± 2.84	20.72 ± 5.66
	<u>22-23</u>									
STD	22	7.13	± 3.75	2.86	± 1.44	2.70	± 1.61	19.37	± 8.22	32.06 ± 14.99
FEU	32	2.12	± 0.64	0.81	± 0.27	0.66	± 0.26	9.99	± 2.81	12.57 ± 4.91
TRO	35	6.54	± 1.01	2.09	± 0.34	1.72	± 0.32	13.97	± 4.12	24.32 ± 2.55
Spätsaat	<u>10-11</u>									
STD	10	3.52	± 2.17	1.62	± 1.19	1.31	± 0.87	12.26	± 5.79	18.71 ± 9.93
FEU	10	6.16	± 1.68	2.34	± 0.72	1.92	± 0.61	20.84	± 7.83	31.25 ± 10.78
TRO	10	4.37	± 2.51	1.67	± 0.92	1.39	± 0.81	10.69	± 5.36	18.14 ± 9.59
	<u>22-23</u>									
STD	71	5.83	± 0.63	2.19	± 0.23	1.72	± 0.13	17.47	± 1.22	27.20 ± 1.89
FEU	74	3.06	± 0.56	1.10	± 0.27	1.12	± 0.26	14.56	± 3.88	19.84 ± 4.85
TRO	74	8.37	± 7.30	3.23	± 3.19	3.11	± 3.10	28.02	± 20.10	40.62 ± 32.75

* : Das Trockengewicht der zur Desorption eingesetzten Bodenproben variierte zwischen 25 und 50 g.

zwischen 2 und 8 %, mit dem 2. Desorptionsschritt zwischen 1 und 3 % und mit dem 3. Desorptionsschritt zwischen 0.5 und 3 % der applizierten Radioaktivität in Lösung gebracht (Tab. 21). Die wiedergefundenen ^{14}C -Mengen waren generell niedrig und lagen mit einer Ausnahme (10 - 11, STD (I)) nur im Bereich von 12 - 40 % der applizierten Radioaktivität (Tab. 21). Dafür sind maßgeblich folgende Faktoren verantwortlich:

1. Aufgrund der Breite des Beizhofstechrahmens (Abb. 6) wurde der Beizhof bei der Probenahme wahrscheinlich nicht immer komplett erfaßt. Zudem konnten Teile der Proben, besonders bei der Entnahme von trockenem Boden, durch Abbröckeln verlorengelassen werden.
2. Von den Proben konnten aus technischen Gründen nur jeweils Aliquote zur Desorption eingesetzt werden. Die Entnahme dieser Aliquote aus den Beizhofproben erfolgte zufallsgemäß, da eine vorherige Homogenisierung des Frischbodens nicht möglich war.

Bezogen auf die im Boden festgestellte Radioaktivität konnte nach der Frühsaat im Stadium 10 - 11, unabhängig von der Bodenfeuchte, im 1. Desorptionsschritt signifikant mehr Radioaktivität in Lösung gebracht werden als im gleichen Stadium bei Spätsaat. Die entsprechenden Werte lagen nach der Frühsaat im Bereich von 22.5 % (STD) bis 31.0 % der applizierten Radioaktivität (TRO), nach der Spätsaat dagegen bei 18.3 % (STD) bis 23.7 % (TRO). An der Reihenfolge der Varianten änderte sich dagegen nichts. Nach beiden Saatterminen stieg der Anteil der desorbierbaren Radioaktivität in der Reihenfolge $\text{STD} < \text{FEU} < \text{TRO}$ an (Tab. 20).

Bei den Proben aus dem Stadium der Bestockung (22 - 23) wurde dagegen nur noch in der TRO-Variante mit ca. 27.4 % der applizierten Radioaktivität nach der Frühsaat signifikant mehr ^{14}C -Aktivität desorbiert als mit knapp 20 % nach der Spätsaat. In den Proben aus dem STD- bzw. FEU-Lysimeter lagen die desorbierbaren Anteile des Radiokohlenstoffs im Boden mit durchschnittlich 21.9 % bzw. 15.8 % nach der Frühsaat auf einem nahezu identischen Niveau wie nach der Spätsaat mit 21.4 % bzw. 15.7 % (STD).

Nach beiden Saatterminen nahm der Anteil an desorbierbarer Radioaktivität im Beizhof zwischen dem Stadium 10 - 11 und der Bestockung (22 - 23) unter dem Einfluß der Beregnung (FEU) ab. Er fiel von 27.8 (I) bzw. 20.1 % (II) im Stadium 10 - 11 (5 Tage nach Früh- bzw. 10 Tage nach Spätsaat) auf 15.8 bzw. 15.7 % zur Bestockung (22 - 23, 32 Tage nach Früh- bzw. 74 Tage nach Spätsaat) ab.

Auch unter TRO-Verhältnissen nach der Spätsaat wurde ein geringer, aber signifikanter Rückgang in der Desorbierbarkeit der ^{14}C -Aktivität aus dem Beizhof registriert. Hier sank der desorbierbare ^{14}C -Anteil im 1. Desorptionsgang von rd. 24 % der im

Boden gefundenen Radioaktivität im Stadium 10 - 11 (10 Tage nach Saat) auf rd. 20 % im Stadium der Bestockung (22 - 23, 74 Tage nach Saat). Die abnehmende Desorbierbarkeit war generell noch im 2. Desorptionsschritt und in einem Falle (FEU (I)) auch noch im 3. Desorptionsschritt statistisch nachweisbar.

Durchschnittlich 98 % (VK 1.4 %) des aus den Beizhöfen desorbierten Radiokohlenstoffs lagen nach Gefriertrocknung und Aufnahme in Methanol gelöst vor. Die restlichen 2 % verblieben nach Zentrifugation der Methanolphase im festen Rückstand. Ca. 76 - 95 % repräsentierten, unabhängig von der Versuchsvariante, [^{14}C]Triadimenol (Abb. 33 und 34; Tab. 22). Im Verlauf der Versuche veränderte sich die Zusammensetzung der Diastereomeren im desorbierten Wirkstoffanteil der Beizhöfe, wobei sich die STD- und FEU-Variante im Vergleich zur TRO-Variante ähnlich verhielten. Unterschiede in den Diastereomeren-Relationen wurden einerseits innerhalb der Varianten zwischen erster (10 - 11) und letzter Probenahme (22 - 23) und andererseits zwischen beiden Saatterminen festgestellt.

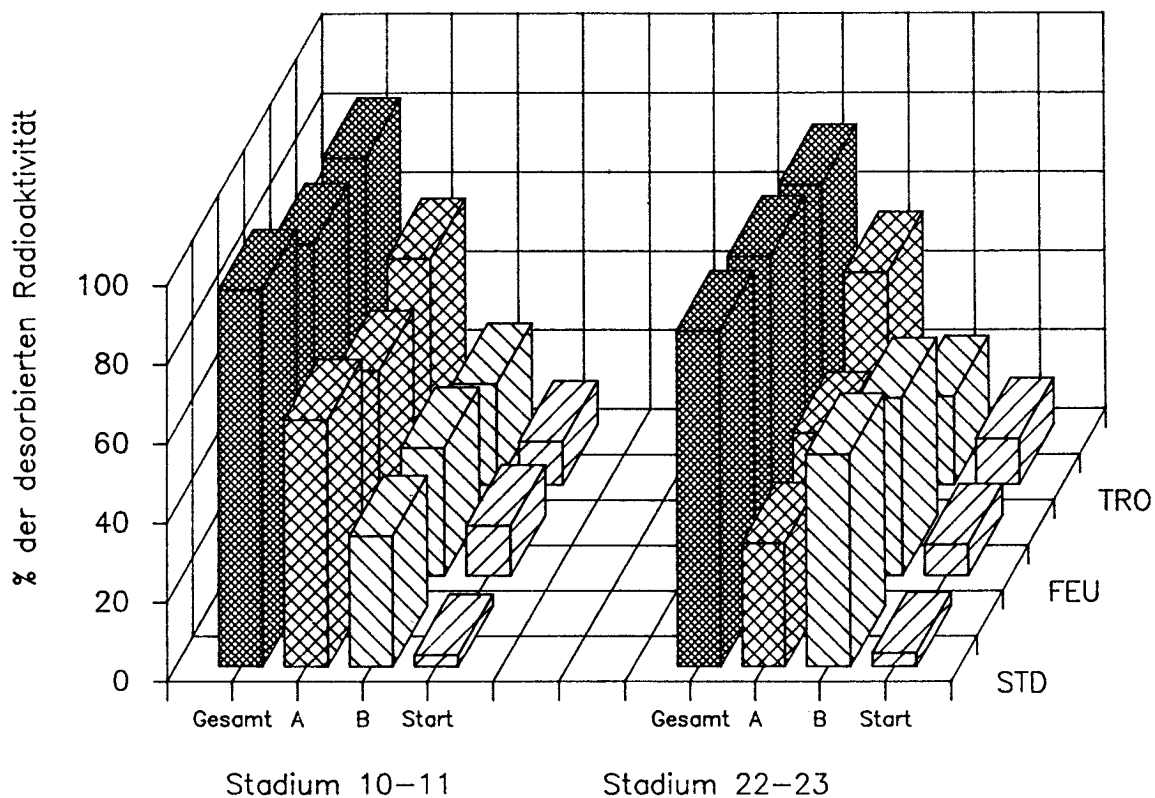


Abb. 33: Wirkstoff und polare Metaboliten in der 1. Desorptionslösung von Boden aus Beizhöfen nach Frühsaat von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste in den Varianten STD, FEU und TRO. A (Triadimenol A), B (Triadimenol B), Gesamt (Triadimenol A + B), Start (polare Metaboliten)

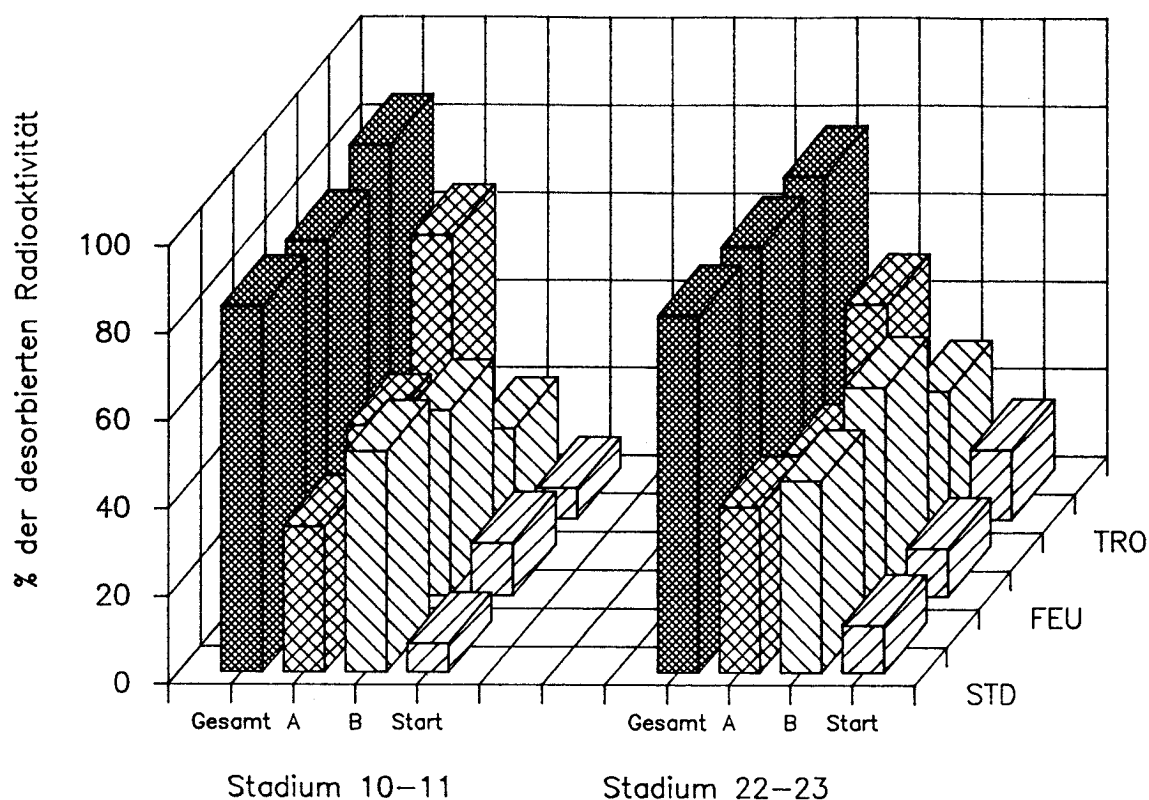


Abb. 34: Wirkstoff und polare Metaboliten in der 1. Desorptionslösung von Boden aus Beizhöfen nach Spätsaat von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste in den Varianten STD, FEU und TRO. A (Triadimenol A), B (Triadimenol B), Gesamt (Triadimenol A + B), Start (polare Metaboliten)

Nach der *Frühsaat* konnten im Stadium 10 - 11 (5 - 6 Tage nach der Saat) noch etwa 52 - 62 % der im 1. Desorptionsschritt erfaßten Radioaktivität dem Triadimenol A und 25 - 33 % dem Triadimenol B zugeordnet werden (Abb. 33; Tab. 22). Bis zur Bestockung (22 - 23) hatte sich dieses Verhältnis in der STD- und FEU-Variante umgekehrt, so daß mit ca. 54 (STD) bzw. 45 % (FEU) der überwiegende Anteil der Radioaktivität als Triadimenol B identifiziert wurde. Die Triadimenol A-Anteile lagen nur in der Größenordnung von 31 (STD) bzw. 36 % (FEU). Im Vergleich dazu blieben unter den trockeneren Bedingungen (TRO) nach der Frühsaat die Diastereomeren-Verhältnisse weitgehend stabil (Abb. 33, Tab. 22).

Tab. 22:

Dünnschichtchromatographische Auftrennung der Desorptionsschritt) aus Boden von

Beizhöfen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen.

Mittelwerte von 4 Wiederholungen

- Versuch 1 -

Aufgetragene Radioaktivität = 100 %

Variante	<u>Entwicklungs-</u> stadium Tage nach Saat	% der aufgetragenen Radioaktivität							Radioaktivität am Start $\bar{x}$ s	Diastereomeren- Verhältnis (A:B) $\bar{x}$ s
		A			Triadimenol B			Gesamt		
		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s		$\bar{x}$ s		
Frühsaat	<u>10-11</u>									
	6	62.25 ^a	± 4.47		32.90 ^{bc}	± 3.52		95.15 ^a	± 2.13	2.90 ± 1.01
	5	51.70 ^{ab}	± 19.20		32.20 ^{bcd}	± 10.19		83.90 ^b	± 10.11	12.66 ± 9.62
	6	57.15 ^a	± 10.83		25.43 ^{cd}	± 6.85		82.58 ^b	± 8.37	10.88 ± 6.45
	<u>22-23</u>									
	22	31.15 ^b	± 3.20		53.53 ^a	± 6.59		84.68 ^a	± 5.58	3.43 ± 3.09
FEU	32	36.00 ^b	± 2.77		44.65 ^b	± 2.45		80.65 ^{ab}	± 2.57	7.83 ± 4.23
	35	53.68 ^a	± 4.23		22.18 ^c	± 3.11		75.85 ^b	± 2.49	11.53 ± 3.31
Spätsaat	<u>10-11</u>									
	10	33.10 ^c	± 3.20		50.28 ^a	± 3.17		83.38 ^b	± 4.92	6.55 ± 5.07
	10	38.73 ^{bc}	± 13.87		42.15 ^{ab}	± 13.95		80.88 ^b	± 2.20	11.98 ± 2.79
	10	64.73 ^a	± 5.92		20.55 ^d	± 3.69		85.28 ^b	± 2.91	6.95 ± 1.55
	<u>22-23</u>									
	71	37.63 ^b	± 2.62		43.70 ^b	± 3.29		81.33 ^{ab}	± 3.27	10.80 ± 2.38
FEU	74	32.13 ^b	± 2.66		47.50 ^{ab}	± 4.78		79.63 ^{ab}	± 3.15	10.83 ± 3.23
	74	49.03 ^a	± 9.12		29.23 ^c	± 8.95		78.27 ^b	± 3.57	15.90 ± 1.59
TRO										
STD										
FEU										
TRO										

Signifikanz zwischen den Werten einer Spalte innerhalb eines Entwicklungsstadiums (Stadium 10-11 = *kursiv*) sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Duncan's multiple range test, $\alpha = 0.05$).

Signifikanz zwischen den Entwicklungsstadien innerhalb eines Saattermins sind durch Unterstreich gekennzeichnet.

Nach der *Spätsaat* lag in den STD- und FEU-Proben aus dem Entwicklungsstadium 10 - 11 (10 Tage nach Saat) das Diastereomer A mit 33 % (STD) bzw. 39 % (FEU) bereits in geringeren Anteilen in der Desorptionslösung vor, als das Diastereomer B mit 50 % (STD) bzw. 42 % (FEU). Bis zur Bestockung traten keine Veränderungen mehr auf (Abb. 34; Tab. 22).

Dagegen war unter den TRO-Verhältnissen der Spätsaat die Situation im Stadium 10 - 11 (10 Tage nach der Saat) eher vergleichbar mit der Situation nach der Frühsaat (6 Tage nach Saat). Noch annähernd 65 % des desorbierten ^{14}C im Boden waren dem Triadimenol A zuzuordnen und nur ca. 21 % dem Triadimenol B. Bis zur Bestockung ging der A-Anteil gegenüber den STD- und FEU-Verhältnissen deutlich langsamer auf etwa 50 % zurück, während der B-Anteil auf ca. 30 % stieg.

Nach beiden Saatterminen waren demzufolge sowohl im Stadium 10 - 11 als auch im Stadium 22 - 23 die Diastereomeren-Verhältnisse (A : B) in der TRO-Variante signifikant größer, d.h. weniger in Richtung Triadimenol B verschoben, als unter den STD- und FEU-Verhältnissen (Tab. 22). Nach der Spätsaat waren in den Beizhöfen des TRO-Lysimeters die Diastereomeren-Verhältnisse zwar nicht so weit in Richtung Triadimenol B verschoben wie in den beiden anderen Varianten (STD, FEU), jedoch hatte nach den Niederschlägen im November und den daraus resultierenden höheren Wassergehalten im Boden (Tab. 8) auch hier schon eine deutliche Veränderung der Relationen eingesetzt (Abb. 34; Tab. 22). Dagegen war dies nach der Frühsaat unter den konstant niedrigen Bodenfeuchten im TRO-Lysimeter nicht der Fall.

Stichprobenartige Analysen der desorbierten Radioaktivität aus den Bodenproben des STD-Lysimeters (10 - 11 (I); Abb. 32) zeigten, daß sich das Verhältnis der Diastereomeren zueinander mit steigender Wiederholung der Desorption veränderte (Tab. 23). So nahm der Anteil des Diastereomers A zugunsten polarer Metaboliten (Radioaktivität am Start) ab, und zwar von 62.3 % der extrahierten Radioaktivität nach dem 1. Desorptionsschritt auf 47.4 % nach dem 5. Desorptionsschritt. Der relative Anteil des Diastereomers B blieb währenddessen praktisch unbeeinflusst, so daß sich das Diastereomeren-Verhältnis (A : B) von 1.92 : 1 auf 1.58 : 1 verengte. Gleichzeitig reduzierte sich damit auch der Gesamtgehalt an unverändertem Wirkstoff von ca. 95 % der aus dem Boden extrahierten Radioaktivität nach dem 1. Desorptionsschritt auf ca. 77 % nach dem 5. Desorptionsschritt. Aufgrund der zunehmenden Varianz der Mittelwerte war dieses Ergebnis jedoch nicht signifikant.

Tab. 23: Dünnschichtchromatographische Auftrennung der Desorptionslösung aus Boden von Beizhöfen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Karyopsen.
Mittelwerte von 4 Wiederholungen
- Versuch 1 -
Aufgetragene Radioaktivität = 100 %

	Desorption 1		Desorption 2		Desorption 5	
	% der aufgetragenen Radioaktivität					
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
<u>Triadimenol</u>						
A	62.25	± 4.47	54.23	± 7.09	47.38	± 14.42
B	32.90	± 3.52	31.90	± 3.88	30.00	± 6.09
Gesamt	95.15	± 2.13	86.13	± 7.76	77.38	± 18.72
Radioaktivität am Start	2.90	± 1.01	10.05	± 8.73	19.85	± 18.65
<u>Diastereomeren- Verhältnis (A:B)</u>	1.92	± 0.34	1.72	± 0.35	1.58	± 0.40

3.2.4 Ergebnisse nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 25 DS

Die Ergebnisse von Wintergerstenpflanzen aus [^{14}C]Baytan 25 DS- bzw. [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen stimmten unter den STD-Versuchsbedingungen weitgehend überein. Sowohl die Entwicklungsgeschwindigkeit der Pflanzen als auch ihre Massenzuwächse verliefen überwiegend gleich (Abb. 35 A). Jedoch lagen die Frischgewichte der mit [^{14}C]Baytan 25 DS gebeizten Wintergerste nach beiden Saatterminen im Stadium der Bestockung (22 - 23 (I) bzw. 21 und 22 - 23 (II)) signifikant über den Frischgewichten der mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Wintergerste (Anhang-Tab. 1).

Unabhängig vom Saattermin waren in 90 % aller Probenahmen die Radioaktivitätsaufnahmen von FS- bzw. DS-gebeizter Wintergerste (Anhang-Tab. 8 und 15), bezogen auf die applizierte Wirkstoffmenge, nicht signifikant voneinander verschieden. Da mit der DS-Formulierung jedoch absolut weniger Wirkstoff auf dem Saatgut haftete als mit der FS-Formulierung (Tab. 6), lagen auch die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten im Sproß der DS-gebeizten Wintergerste zumeist etwas niedriger als in den FS-gebeizten Pflanzen (Abb. 35). Gesicherte Unterschiede ergaben sich jedoch nur nach der Spätsaat.

Im Hinblick auf die relative Radioaktivitätsaufnahme konnten anhand des vorliegenden Datenmaterials keine Hinweise auf einen systematischen Unterschied zwischen den beiden Formulierungen gewonnen werden.

Nach DS-Beizung trugen die ^{14}C -Aufnahmen aus den Beizhöfen von Nachbarpflanzen bis zur Bestockung (22 - 23) nur 2.4 % (I) bzw. 4.4 % (II) zu der insgesamt in den Blattapparat der Wintergerste aufgenommenen ^{14}C -Menge (= 100 %) bei. Sie lagen aber dennoch geringfügig über den Werten für FS-gebeizte Pflanzen, die unter den gleichen Bedingungen (STD) aufgewachsen waren (Tab. 10).

In den Perkolaten wurde keine Radioaktivität gemessen. Angaben zu den ^{14}C -Gehalten in Boden und Karyopsen finden sich in den Tabellen 15, 16 und 18.

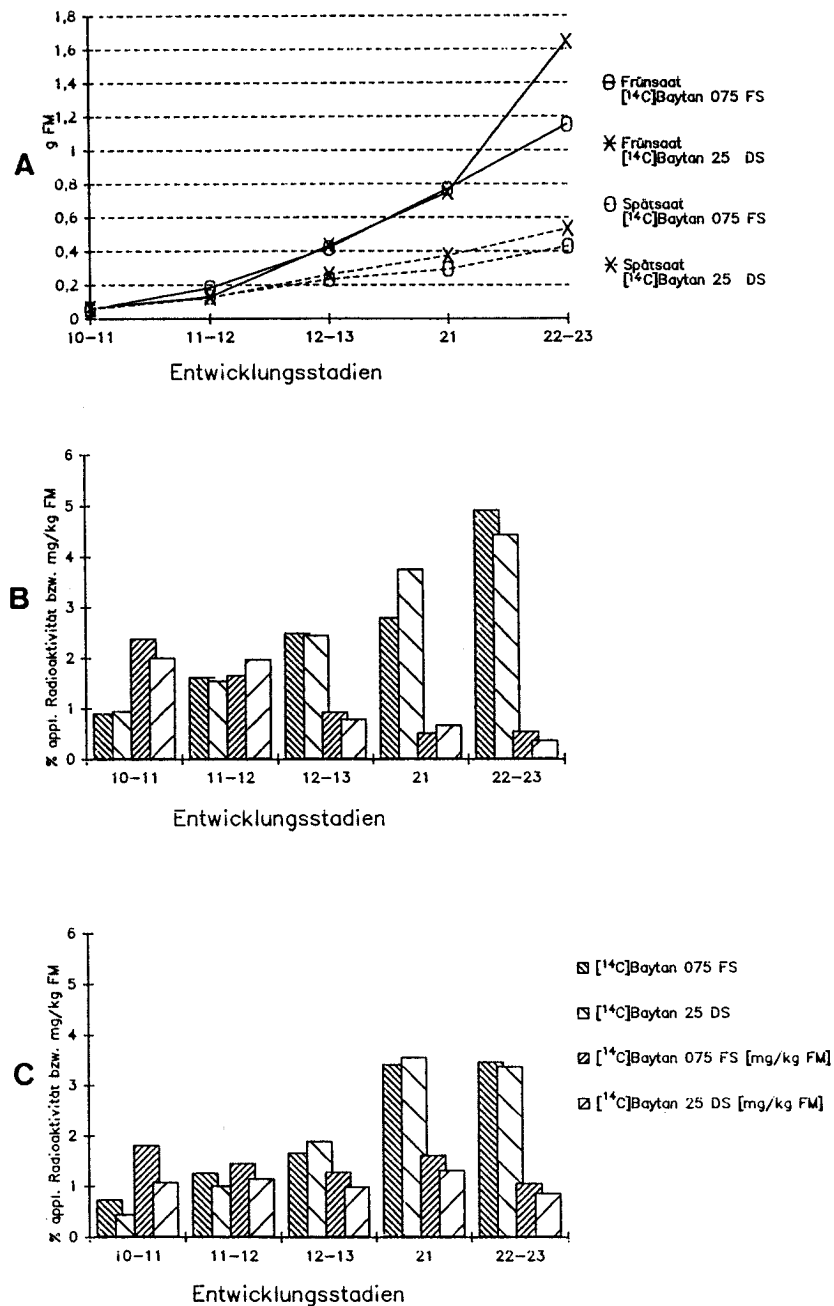


Abb. 35:

Frischmassen, Radioaktivität und Konzentration an Wirkstoffäquivalenten in Sprossen von früh- und spätgesäter Wintergerste unter natürlichen Witterungsverhältnissen (STD) nach Beizung mit $[^{14}\text{C}]$ Baytan 25 DS bzw. $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS.

A: Frischmassen (g)

B: Radioaktivität und Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (mg/kg FM) nach Frühsaat

C: Radioaktivität und Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (mg/kg FM) nach Spätsaat

3.3 Detailversuche zur Bestimmung der Radioaktivitätsaufnahme über Korn und Wurzel in Lysimetern mit eingefülltem Krumenboden.

3.3.1 Radioaktivitätsaufnahme über das Korn nach Beizung von Wintergerstensaatzgut mit [^{14}C]Baytan 075 FS (Versuch 2).

Versuchsbeschreibung

Dieser Versuch wurde parallel zur Spätsaat des Versuches 1 am 10. Okt. 1985 angesetzt. Die relevanten Witterungsdaten können der Abb. 19 B entnommen werden. Zu 3 verschiedenen Entwicklungsstadien wurden den Keimpflanzen die mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopsen entfernt und so eine mögliche Radioaktivitätsaufnahme über das Korn unterbunden. Da die Karyopsen wieder neben den Pflanzen abgelegt wurden, war die Ausbildung von Beizhöfen dagegen nicht behindert. Die Radioaktivitätsaufnahme sowie die Konzentration an Wirkstoffäquivalenten in den seziierten Pflanzen wurde mit [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste verglichen, die bei denselben Bedingungen unter Belassung der Karyopsen aufgewachsen war.

Ergebnisse

Nach Entfernung der Karyopsen im 1-Blatt-Stadium (11, 28 Tage nach der Saat) unterschieden sich die ^{14}C -Gehalte im Sproß sezierter Pflanzen (ca. 2.2 % der applizierten Radioaktivität) im Stadium 12 - 13 (54 Tage nach Saat) nicht signifikant von den ^{14}C -Gehalten im Sproß der nicht seziierten Referenzpflanzen (ca. 2.5 %) (Tab. 24). Das gleiche galt auch für eine Karyopsenabtrennung im 2-Blatt-Stadium (12, 33 Tage nach der Saat). Bei der Ernte (13 - 21, 61 Tage nach der Saat), lag die ^{14}C -Gesamtaufnahme sezierter Pflanzen (ca. 2.8 % der applizierten Radioaktivität) nicht signifikant unter den ^{14}C -Gehalten im Sproß intakter Pflanzen (ca. 3.1 %).

Zu jedem Probenahmetermin wurden 29 - 58 Pflanzen mit bzw. ohne Karyopsen analysiert. Davon ausgenommen blieben die Pflanzen des 1. Sektionstermins, denen die Karyopse zu Beginn der Assimilation, schon 2 Tage nach Feldaufgang bzw. 12 Tage nach der Saat (10 - 11), entfernt wurden. Nicht alle Pflanzen überstanden diesen Eingriff, so daß zur Auswertung nur 20 seziierte Pflanzen zur Verfügung standen. Mit nur 1.14 % der applizierten Radioaktivität enthielten sie zwar signifikant weniger Radioaktivität im Sproß als die intakten Pflanzen mit 1.64 %.

	KARYOPSEN-SEKTION Stadium (Tage nach Saat)		
	10 - 11 (12)	11 (28)	12 (33)
PROBENAHEME Stadium (Tage nach Saat)	% appl. Radioaktivität seziert / nicht seziert seziert / nicht seziert seziert / nicht seziert		
11 (28)	*		
Median 1/4Q - 3/4Q	1.14 / 1.64 0.89-1.38 / 1.33-2.07		
12 - 13 (54)			
Median 1/4Q - 3/4Q		2.22 / 2.53 1.52-3.09 / 2.14-3.54	
13 - 21 (61)			
Median 1/4Q - 3/4Q			2.75 / 3.08 2.21-3.88 / 2.34-3.71

* = Signifikanter Unterschied zwischen "seziert" und "nicht seziert" (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$)

Tab. 24: Radioaktivitätsaufnahme in den Sproß von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste mit und ohne Sektion der Karyopsen.
- Versuch 2 -
Applizierte Radioaktivität = 100 %

	KARYOPSEN-SEKTION Stadium (Tage nach Saat)		
	10 - 11 (12)	11 (28)	12 (33)
PROBENAHEME Stadium (Tage nach Saat)	mg / kg FM seziert / nicht seziert seziert / nicht seziert seziert / nicht seziert		
11 (28)			
Median 1/4Q - 3/4Q	1.82 / 2.10 1.53-2.66 / 1.66-2.43		
12 - 13 (54)			
Median 1/4Q - 3/4Q		1.69 / 2.06 1.42-2.45 / 1.64-3.10	
13 - 21 (61)			
Median 1/4Q - 3/4Q			1.41 / 1.43 1.06-1.84 / 1.11-1.89

Tab. 25: Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Sproß von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste mit und ohne Sektion der Karyopsen.
- Versuch 2 -

Umgerechnet auf die produzierte Pflanzenmasse lagen diese Minderaufnahmen jedoch außerhalb des Signifikanzbereiches, so daß die Unterschiede in der Konzentration an Wirkstoffäquivalenten nicht abgesichert werden konnten (Tab. 25). Ebenso unterschieden sich auch die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten in den seziierten Pflanzen der beiden späteren Sektionstermine nicht signifikant von denen der Vergleichspflanzen.

In den Perkolaten des Lysimeters befand sich bis zum Versuchsende keine Radioaktivität.

3.3.2 Radioaktivitätsaufnahme über die Wurzel nach Beizung von Wintergerstensaatzgut mit [^{14}C]Baytan 075 FS (Versuch 3).

Versuchsbeschreibung

Um eine möglichst genaue Aussage zu erhalten über die unter den Versuchsbedingungen erreichbare Gesamtaufnahme an Radioaktivität in den Sproß und die tatsächlich aus dem Beizhof aufgenommene ^{14}C -Menge, besaß jedes inaktiv-gebeizte Korn seine individuelle Kontrolle in Form einer [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Karyopse. Durch die enge Nachbarschaft der Körner im Boden wurde für die Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste ein eigener radioaktiver Beizhof simuliert, aus dem sie entweder nur über die Wurzel (A) oder über die Wurzel, das Korn und/oder die Sproßbasis (B) ^{14}C -markierte Verbindungen aufnehmen konnte (Abb. 8).

Die Boden und Lufttemperaturen sind in Abb. 36 dargestellt. Simulierte und natürliche Niederschläge hielten die Wassergehalte im Boden über den Versuchszeitraum auf ca. 50 % WK_{max} (Tab. 26), so daß eine Ausbildung von Beizhöfen gewährleistet war.

Tab. 26: Wassergehalte in zwei verschiedenen Bodentiefen des Überflur-Lysimeters im Gewächshaus.

Versuchsbeginn: 28./29. Okt. 1987

- Versuch 3 -

Datum	% WK_{max}	
	3 - 4 cm Tiefe	7 - 8 cm Tiefe
03.11.1987	54.3	53.2
19.11.1987	51.5	50.8
26.11.1987	57.4	n.b.
11.12.1987	46.6	46.5

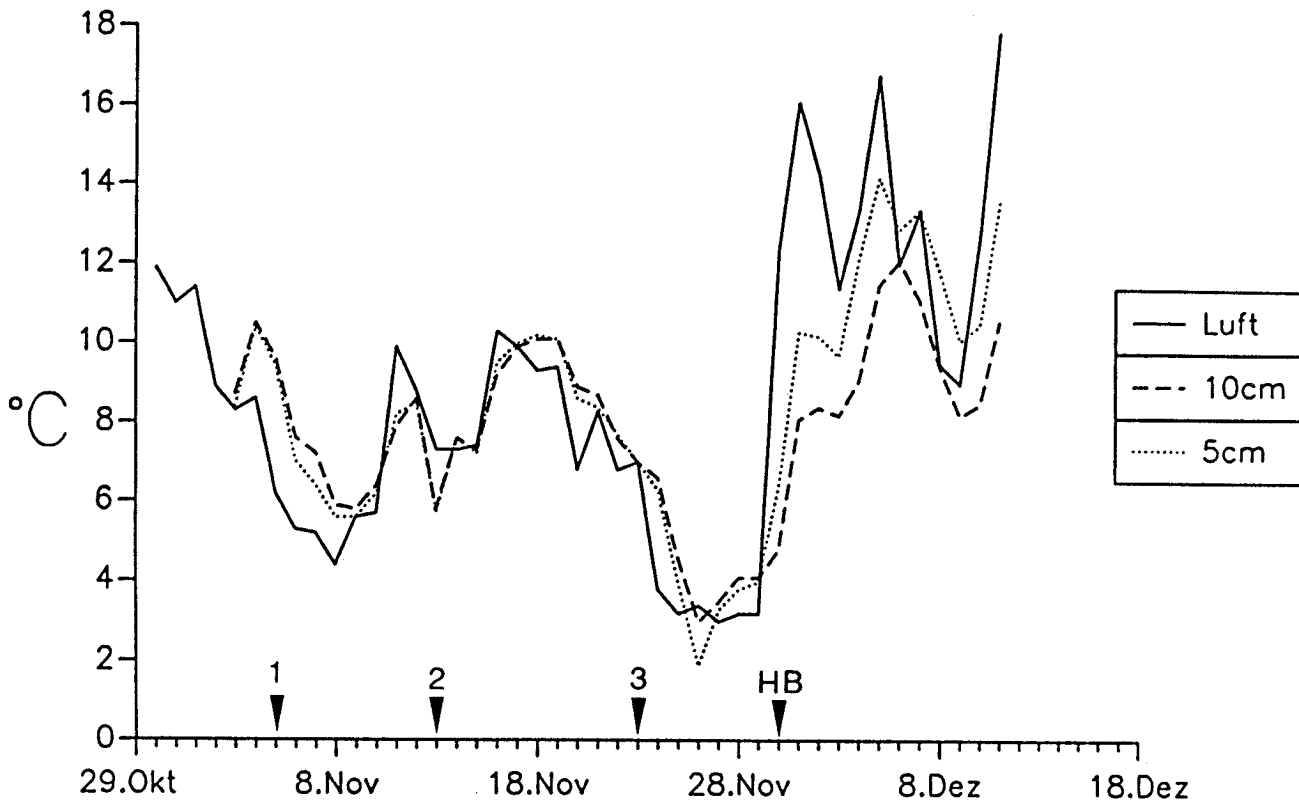


Abb. 36: Mittlere Tagestemperaturen in der Luft (Gewächshaus, 20 cm über Pflanzenhöhe) und im Lysimeter-Boden (5 und 10 cm Bodentiefe) im Versuch 3.
Niederschläge: **1** 1 mm (simuliert); **2** 6 mm (natürlich); **3** 5 mm (natürlich)
HB Heizung und Beleuchtung

Ergebnisse

Bis zum 1-Blatt-Stadium (11, 21 Tage nach Saat) hatten die [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Kontrollpflanzen in beiden Versuchsansätzen zwischen 1.1 % (A) und 1.6 % (B) der applizierten Radioaktivität in den Sproß aufgenommen (Tab. 27). In den folgenden 22 Tagen bis zur Bestockung (21, 43 Tage nach Saat) wurden diese Gehalte nochmals verdoppelt und lagen dann bei 2.5 % im Ansatz A und 3.4 % im Ansatz B. Im diesem Zeitraum sanken die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten von 1.5 (A) bzw. 1.9 mg/kg (B) im 1-Blatt-Stadium (11) auf 1 (A) bzw. 1.3 mg/kg (B) zu Beginn der Bestockung (21).

Die Radioaktivitätsmengen, die von der Baytan-gebeizten Wintergerste bis zum 1-Blatt-Stadium (11, 21 Tage nach Saat) ausschließlich über die Wurzel (A) aufgenommen wurden, lagen mit 0.13 % der applizierten Radioaktivität (Tab. 27) lediglich bei 14 % der Gesamtaufnahme durch die [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Kontrollpflanzen (Tab. 28). Diejenigen Pflanzen, deren Baytan 075 FS-gebeizte Karyopsen sich 'frei' in dem Beizhof der [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Körner befanden (B), hatten dagegen schon zu diesem frühen Entwicklungsstadium gut 40 % der möglichen Radioaktivitätsaufnahme erreicht. Bis zur Bestockung (21) stiegen die Anteile an der potentiellen Gesamtaufnahme, die unter den Versuchsbedingungen in beiden Varianten der Kornablage erreicht wurde, auf ca. 23 % im Ansatz A bzw. 54 % im Ansatz B.

Da sich weder im Versuchsansatz A noch B der Frischmassenzuwachs von Baytan 075 FS- und [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste voneinander unterschied, entsprachen auch die prozentualen Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten den prozentualen ^{14}C -Aufnahmen (Tab. 28).

3.3.2.1 Ausscheidung von Radioaktivität bzw. Wirkstoff über die Guttation

Im Versuchszeitraum vor Beheizung des Gewächshauses wurde im 1-Blatt-Stadium (11) der Wintergerste mit einem einzigen Guttationstropfen durchschnittlich 0.06 % der applizierten Radioaktivität über die Spitze des Primärblattes und evtl. des 2. Blattes von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste ausgeschieden. Dieser Mittelwert schwankte zwischen 0.03 - 0.13 % (1/4 Q - 3/4 Q) der applizierten Radioaktivität. Auch Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste, die Radioaktivität nur aus dem Beizhof der markiert-gebeizten Pflanzen z.B. über die Wurzel aufnehmen konnten, schieden ^{14}C -markierte Substanzen mit den Guttationstropfen aus. Die Radioaktivitätsabgabe lag mit 0.014 % der applizierten Radioaktivität und einem Schwankungsbereich von 0.010 - 0.019 % der applizierten Radioaktivität (1/4 Q - 3/4 Q) auf einem Niveau, das recht gut der geringeren Aufnahme entsprach.

Tab. 27:

Radioaktivität im Sproß von [¹⁴C]Baytan 075 FS- bzw. Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste.

A: ¹⁴C-Aufnahme aus dem Beizhof über die Wurzel (s. Abb. 8)

B: ¹⁴C-Aufnahme aus dem Beizhof über Wurzel, Korn und Sproßbasis (s. Abb. 8)

Mittelwerte von 25 - 46 Wiederholungen

- Versuch 3 -

Stadium	Tage nach Saat	A Beizung mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS				B Beizung mit [¹⁴ C]Baytan 075 FS			
		Baytan 075 FS		Baytan 075 FS		Baytan 075 FS		Baytan 075 FS	
		% appl. Radioaktivität		% appl. Radioaktivität		% appl. Radioaktivität		% appl. Radioaktivität	
		Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q
11	21	1.08	0.88 - 1.38	0.13	0.05 - 0.23	1.56	1.23 - 1.72	0.58	0.47 - 0.72
21	43	2.49	1.90 - 3.49	0.43	0.29 - 0.70	3.38	2.35 - 4.40	1.85	1.48 - 2.21
		mg/kg FM		mg/kg FM		mg/kg FM		mg/kg FM	
		Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q	Median	1/4Q - 3/4Q
11	21	1.50	1.10 - 1.87	0.16	0.07 - 0.25	1.91	1.50 - 2.11	0.69	0.54 - 0.88
21	43	0.98	0.73 - 1.30	0.17	0.12 - 0.26	1.34	1.06 - 1.63	0.74	0.57 - 0.85

Tab. 28:

Radioaktivität bzw. Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Sproß von Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste in % der Radioaktivität bzw. Konzentration an Wirkstoffäquivalenten im Sproß von [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste.
A: ¹⁴C-Aufnahme aus dem Beizhof über die Wurzel (s. Abb. 8)
B: ¹⁴C-Aufnahme aus dem Beizhof über Wurzel, Korn und Sproßbasis (s. Abb. 8)
Mittelwerte von 25 - 46 Wiederholungen
- Versuch 3 -

Stadium	Tage nach Saat	A			B		
		prozentualer Anteil an der Radioaktivitätsaufnahme ¹⁾					
		$\bar{x}$	s	VK [%]	$\bar{x}$	s	VK [%]
11	21	14.3	12.3	85.9	40.5	15.1	37.2
21	43	22.7	20.9	92.0	53.6	21.8	40.7
		prozentualer Anteil an der Konzentration an Wirkstoffäquivalenten ²⁾					
11	21	12.3	10.0	81.6	41.4	12.8	31.0
21	43	20.1	14.0	69.5	52.7	19.6	37.2

1) Radioaktivitätsaufnahme in den Sproß von [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste, siehe Tab. 27.

2) Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (mg/kg FM) im Sproß von [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste, siehe Tab. 27.

Qualitativ bestand nahezu kein Unterschied zwischen den Ausscheidungen. In Mischproben aus Guttationsmaterial der Primärblätter von Baytan 075 FS- und [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Pflanzen ließen sich dünnschichtchromatographisch noch durchschnittlich 78.5 ± 4.6 % dem Triadimenol A und 7 ± 0 % dem Triadimenol B zuordnen. Eine Differenzierung nach [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste einerseits und Baytan-gebeizter Wintergerste andererseits ergab, daß im erstgenannten Falle bei uneingeschränkten Möglichkeiten der ^{14}C -Aufnahme über Korn, Wurzel und basale Sproßbereiche 72.4 % Triadimenol A und 7.8 % Triadimenol B in der Radioaktivität der Guttationstropfen (= 100 %) abgesondert wurden. Aus Baytan 075 FS-gebeizten Pflanzen, die den Wirkstoff bzw. seine Metaboliten erst über die Wurzel oder andere Aufnahmewege aus dem Beizhof der [^{14}C]Baytan-gebeizten Wintergerste beziehen mußten, traten in der Radioaktivität der Guttationsflüssigkeit 79.8 % Triadimenol A und 6.5 % Triadimenol B aus.

Damit repräsentierten 80 - 86 % der Radioaktivität eines Guttationstropfens den unveränderten Wirkstoff, wobei das hydrophilere Triadimenol A eindeutig dominierte, so daß das Diastereomeren-Verhältnis (A : B) bei ungefähr 11 : 1 lag. Der Rest der Radioaktivität bestand größtenteils aus Verbindungen, die polarer waren als das Triadimenol sowie einem unpolareren Metaboliten.

3.4 Gefäßversuch zur Übertragbarkeit der Ergebnisse aus Lysimeterversuchen auf kleinere Versuchseinheiten (Versuch 4)

Die Radioaktivitäts-Aufnahme der [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Wintergerste aus den Kick-Brauckmann-Gefäßen war gut mit dem Aufnahmeverhalten der Pflanzen aus der FEU-Variante des parallel laufenden Freilandlysimeterversuches vergleichbar. Da bereits bei der Aussaat die Bodenfeuchte in den Kick-Brauckmann-Gefäßen bei ca. 50 % WK_{max} erbrachte die dadurch verbesserte Verfügbarkeit des Wirkstoffes eine größere Anfangsaufnahme gegenüber der Wintergerste aus den Lysimeterversuchen. Sie war 6 Tage nach der Saat (10 - 11) mit 1.5 % der applizierten Radioaktivität um den Faktor 1.5 - 2 höher als die ^{14}C -Aufnahme in die Lysimeterpflanzen, die lediglich im Bereich von 0.7 % (FEU) - 1.0 % (TRO) lag (Tab. 29).

Tab. 29: Vergleich der Radioaktivitätsgehalte in den Sprossen von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste aus Kick-Brauckmann-Gefäßen (KB) und Freilandlysimetern (Versuch 1, Frühsaat) mit unterschiedlichen Bodenfeuchteverhältnissen.
- Versuch 4 -
Mittelwerte von 14 - 20 Wiederholungen

Entwicklungs stadium	Variante			
	KB	STD	FEU	TRO
	% der applizierten Radioaktivität $\bar{x}^\diamond$ (VK%) Median (1/4Q-3/4Q)			
10-11 <i>Tage nach Saat</i>	1.5 (30.3) 6	0.9* (0.7-1.4) 6	0.7* (0.6-1.0) 5	1.0 (0.6-2.0) 6
11-12 <i>Tage nach Saat</i>	1.6 (21.7) 9	1.6 (1.4-3.2) 9	2.3* (1.5-3.2) 8	1.8 (1.2-1.9) 8
12-13 <i>Tage nach Saat</i>	2.6 (24.6) 12	2.5 (2.0-3.4) 14	2.6 (2.2-3.9) 14	3.4* (2.6-4.6) 15
21 <i>Tage nach Saat</i>	2.7 (56.0) 16	2.8 (2.0-4.0) 17	2.7 (1.5-3.6) 25	4.2* (3.5-7.1) 32
22-23 <i>Tage nach Saat</i>	3.4 (23.2) 19	4.9* (3.3-5.8) 22	3.1 (2.0-5.8) 32	5.2* (2.9-7.3) 35

♦ = Mittelwerte aus 4 Gefäßen mit jeweils 8 Pflanzen.

Die mit * gekennzeichneten Werte der Lysimetervarianten STD, FEU und TRO unterscheiden sich signifikant von den Werten aus dem Versuch in den Kick-Brauckmann-Gefäßen (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$).

Der Basisanteil von 200 ml Wasser, der bei der im 2-Tages-Rhythmus erfolgenden Ergänzung der Wasserverluste (Evapotranspiration) jeweils von oben nachgegossen wurde (s. 2.5.1), entsprach, umgerechnet auf die Nutzfläche der Gefäße (363 cm^2), einem Niederschlag von 5.5 mm. Die ^{14}C -Aufnahmen zwischen dem Stadium 11 -12 (9 Tage nach der Saat) und der Bestockung (22 - 23, 19 Tage nach der Saat) stimmten daher auch recht exakt mit den Radioaktivitätsaufnahmen überein, die in der FEU-Variante des gleichzeitig laufenden Freilandlysimeterversuchs (Versuch 1, Frühsaat) gemessen wurden (Tab. 29).

3.5 Wirkstoffaufnahme über bzw. in das Korn und Wirkstoffabgabe über die Wurzel (Klimakammerversuche).

3.5.1 Wirkstoffabgabe über die Wurzel nach Beizung von Wintergerstensaatzgut mit [^{14}C]Baytan 075 FS (Versuch 5).

3.5.1.1 Versuch in Nährlösung

Bis zur Bestockung (21, 18 Tage nach Keimungsbeginn) hatte die Wintergerste 1.7 % der applizierten Radioaktivität über die Karyopse in den Sproß aufgenommen (Tab. 30). Die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten lagen damit noch unter 0.5 mg/kg FM. In diesem Zeitraum wurden insgesamt 1.5 % der applizierten Radioaktivität basipetal transloziert und überwiegend in die Nährlösung abgegeben. Bis zum 1-Blatt-Stadium (11, 10 Tage nach Keimungsbeginn) wurden nahezu 80 % der gesamten ^{14}C -Ausscheidungen über die Wurzel abgegeben (Abb. 37; Anhang-Tab. 29). Der Verlauf der ^{14}C -Exkretionen konnte jedoch zwischen den Einzelpflanzen bisweilen erheblich variieren. In Abb. 38 sind 2 Extremfälle aufgeführt. Pflanze 2 hatte schon kurz nach Erscheinen des 1. Blattes (10 - 11) ca. 95 % der insgesamt ausgeschiedenen ^{14}C -Menge in die Nährlösung abgegeben. Bei Pflanze 3 wurde der Hauptteil der Ausscheidungen erst zu einem späteren Zeitpunkt der Endosperm-Entleerung (11 - $\leq$ 13) im Wurzelraum festgestellt.

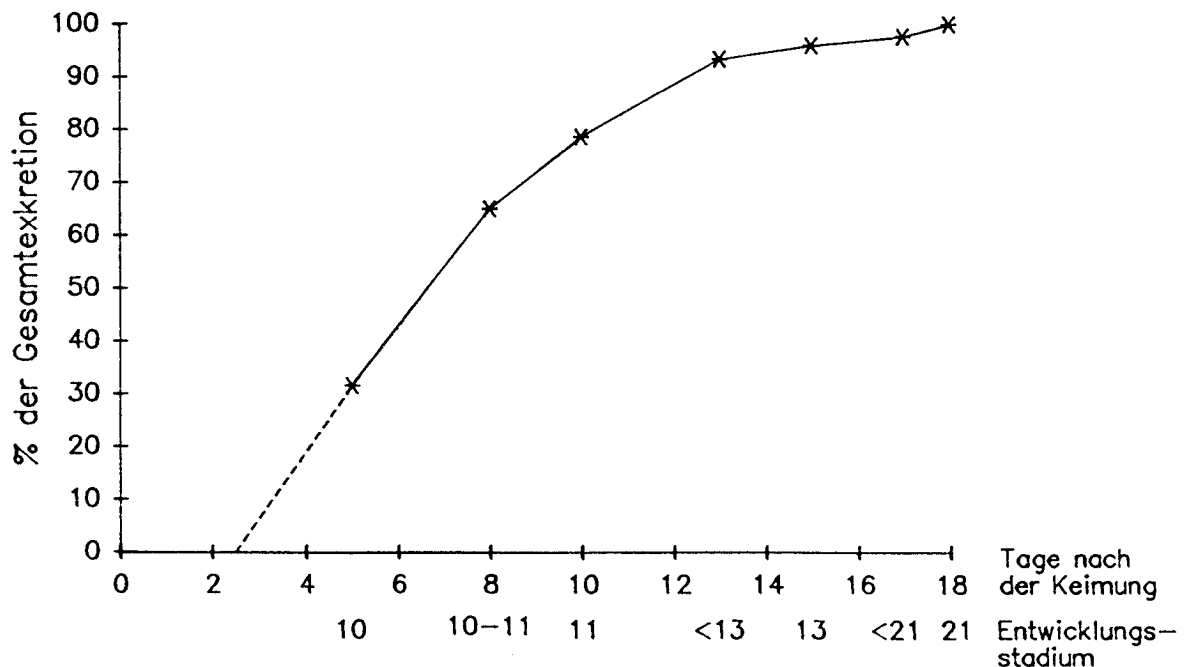


Abb. 37: Kumulative Radioaktivitätsabgabe über die Wurzel von [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach ^{14}C -Aufnahme über das Korn. Mittelwert von 17 Einzelpflanzen

Tab. 30:

Akropetale (Sproß) sowie basipetale Verlagerung (Wurzel und Wurzelraum) von Radioaktivität in

[¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Aufnahme über Korn, Sproß- und Wurzelbasis (A) bzw. über das Korn (B).

Mittelwerte aus 6 (Sand A bzw. B; Boden A bzw. B), 12 (Sand $X_{(A+B)}$, Boden $X_{(A+B)}$) und 17 (Nährlösung) Pflanzen - Versuch 5 -

Applizierte Radioaktivität = 100 %

Variante	Radioaktivität im Sproß (Stadium 21)			Radioaktivität in Wurzel und Substrat (Stadium 21)		
	% appl. Radioaktivität	mg/kg FM		% appl. Radioaktivität	% der Radioaktivität im Sproß	
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s
Nährlösung	1.70	1.05 - 2.65	0.40	0.25 - 0.53	97.2	±52.9
Sand						
A	2.30	1.35 - 2.59	0.24	0.22 - 0.40	13.1	± 8.9
B	0.76 *	0.47 - 0.83	0.08 *	0.07 - 0.09	48.2	±30.9
$\bar{X}_{(A+B)}$	1.24	0.79 - 2.37	0.18	0.08 - 0.27	28.7	±27.2
Boden						
A	1.56	1.41 - 1.62	0.24	0.23 - 0.30	30.0	±18.2
B	0.97	0.71 - 1.26	0.11 *	0.07 - 0.12	34.3	±17.9
$\bar{X}_{(A+B)}$	1.26	0.96 - 1.60	0.20	0.11 - 0.24	32.1	±17.4

* : signifikanter Unterschied zwischen Versuchsansatz A und B

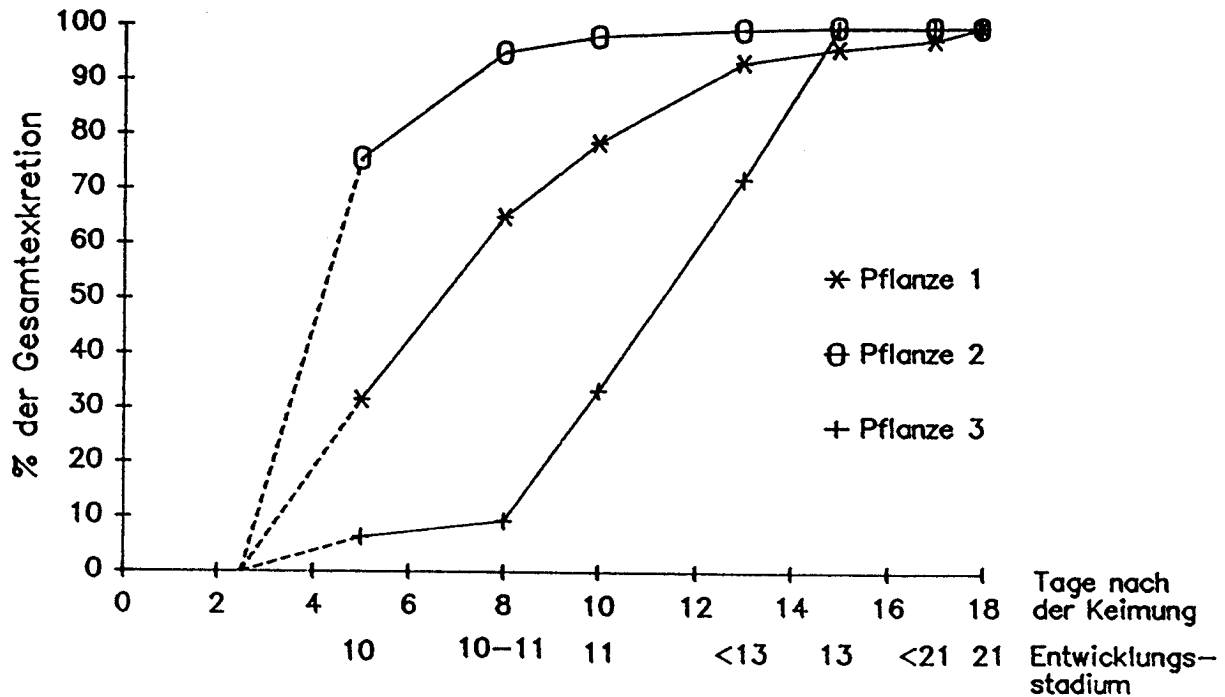


Abb. 38: Kumulative Radioaktivitätsabgabe über die Wurzel von 3 verschiedenen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizten Wintergerstenpflanzen nach ^{14}C -Aufnahme über das Korn.

Wirkstoff in der Nährlösung

Mit zunehmendem Alter der Pflanzen sank der relative Anteil an [^{14}C]Triadimenol in der ausgeschiedenen Radioaktivität. Der Dichlormethan-lösliche ^{14}C -Anteil lag noch 5 Tage nach Keimungsbeginn (10) bei 99 % der in die Nährlösung ausgeschiedenen Radioaktivität. Zu Beginn der Bestockung (21, 18 Tage nach Saat) war er auf ca. 85 % gesunken (Tab. 31). Im selben Zeitraum sank der Anteil an [^{14}C]Triadimenol in der Dichlormethan-Phase von rd. 90 (10) auf 75 % (21). Davon entfielen bei der Bestockung (21) 62 % auf das Triadimenol A und 13 % auf das Triadimenol B.

Tab. 31: Ausscheidung von Radioaktivität über die Wurzel [^{14}C]Baytan 075
FS-gebeizter Wintergerste nach Aufnahme über das Korn:
Dichlormethan-lösliche Radioaktivität in der Nährlösung und
[^{14}C]Triadimenol-Anteil in der Dichlormethan-Phase.
- Versuch 5 -

Entwicklungs- stadium	Tage nach Keimungs- beginn	% Dichlorme- than-lösliche ^{14}C -Aktivität in der Nährlösung (^{14}C -Aktivität in der Nährlösung = 100 %) $\bar{x}$	% Triadimenol in der Dichlormethan-Phase (aufgetragene ^{14}C -Aktivität = 100 %)		
			A $\bar{x}$	B $\bar{x}$	Gesamt $\bar{x}$
10	5	98.8	69.80	20.15	89.95
10-11	8	99.2	75.55	16.96	91.23
11	10	98.5	73.98	13.73	87.70
≤ 13	13	95.2	75.28	16.90	92.18
13	15	90.7	67.18	13.08	80.25
≤ 21	17	89.4	59.50	13.75	73.25
21	18	85.4	62.10	13.10	75.20

3.5.1.2 Versuche in Sand und Boden

In diesen Versuchen wurden mit 0.20 bis 0.43 % der applizierten Radioaktivität erheblich geringere Radioaktivitätsmengen in Wurzel und Wurzelraum gefunden als in der Nährlösung (Tab. 30).

Weder für die ^{14}C -Aufnahme in den Sproß noch für die Abgabe von Radioaktivität über die Wurzel spielte das gewählte Substrat, Sand bzw. Boden, eine wesentliche Rolle. Obwohl im Boden (Substrat und Wurzel) generell mehr Radioaktivität als im Sand (Substrat und Wurzel) festgestellt wurde, waren die Unterschiede nicht signifikant (Tab. 30). Unabhängig von der Anzucht in Sand bzw. Boden wurden im Mittel der Versuchsansätze A und B vergleichbare ^{14}C -Gehalte (1.24 - 1.26 % der applizierten Radioaktivität) und Wirkstoffäquivalent-Konzentrationen in Sprossen der Wintergerste (0.18 - 0.20 mg/kg FM) festgestellt sowie vergleichbare basipetale ^{14}C -Translokationen (0.20 - 0.29 % der applizierten Radioaktivität) ermittelt. Durchschnittlich wurden nur ca. 29 (Sand) bzw. 32 % (Boden) der Radioaktivitätsmenge, die in den Sproß transloziert wurde, in Wurzel und Wurzelraum gefunden (Tab. 30). Dagegen war es offenbar von Bedeutung, ob die Kornbasis nur von Boden oder Sand (Versuchsansatz A) oder von Aktivkohle (Versuchsansatz B) umgeben war. In beiden

Substraten waren nach Platzierung der Karyopsenbasis in feuchter Aktivkohle (Versuchsansatz B) sowohl die Radioaktivitätsaufnahme in den Blattapparat wie auch die resultierende Konzentration an Wirkstoffäquivalenten größtenteils signifikant geringer, als wenn das Saatgut nur oberhalb einer Aktivkohleschicht in Sand oder Boden abgelegt wurde (Versuchsansatz A). Im Versuchsansatz A wurden mit durchschnittlich etwa 1.9 % der applizierten Radioaktivität, unabhängig von der Anzucht in Sand oder Boden, vergleichbare ^{14}C -Mengen in den Sproß transloziert wie im Versuch mit Nährlösung. Dagegen waren es im Versuchsansatz B mit ca. 0.9 % der applizierten Radioaktivität nur noch etwa die Hälfte dieser Menge.

Im Versuchsansatz 'Sand' war die ausgeschiedene Radioaktivität in fast allen Wiederholungen noch zu 100 % in Dichlormethan löslich. Nur ausnahmsweise blieb in dem Wasser, mit dem die Radioaktivität aus dem Sand gespült wurde, bzw. im Sand selbst Spuren an Radiokohlenstoff zurück. Unabhängig vom Versuchsansatz (A oder B) repräsentierten noch $77.2 \pm 3.5 \%$ (A) bzw. $70.1 \pm 9.2 \%$ (B) der Dichlormethan-löslichen Radioaktivität den Wirkstoff. Davon entfielen im Versuchsansatz A $68.2 \pm 3.6 \%$ auf das Triadimenol A und $9.0 \pm 1.5 \%$ auf das Triadimenol B, im Versuchsansatz B $61.2 \pm 7.6 \%$ auf das Triadimenol A und $8.9 \pm 2.7 \%$ auf das Triadimenol B.

Damit waren zwischen den beiden Versuchsansätzen statistisch keine Unterschiede hinsichtlich der Qualität der ausgeschiedenen Verbindungen feststellbar. In den Exkretionen der Pflanzen aus dem Versuchsansatz B wurde jedoch in allen Parallelen zusätzlich ein unpolarer Metabolit entdeckt. Sein Anteil lag durchschnittlich bei 8.5 % (VK 52.7 %) der Radioaktivität in der Dichlormethan-Phase und entsprach damit in etwa der Differenz (7.1 %) zwischen den $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol-Gehalten beider Versuchsansätze.

3.5.2 Verlauf der Radioaktivitätsaufnahme in das Korn nach Beizung von Wintergerstensaatgut mit $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS (Versuch 6)

Die Abbildungen 39 und 40 zeigen Abzüge von Original-Autoradiographien (Negative der Röntgenfilme). Obwohl die Radioaktivität damit weiß auf dunklem Untergrund erscheint, wird im folgenden von radioaktiver 'Schwärzung' gesprochen.

$[^{14}\text{C}]$ Triadimenol drang sehr rasch in den Embryo und das Scutellum ein. Schon 24 h nach der Aussaat waren beide intensiv geschwärzt. $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol konnte offenbar auch die Spelzen schnell passieren, vermochte jedoch zunächst nicht in das Stärkeendosperm vorzudringen. Unabhängig von den analysierten Entwicklungsstadien der Karyopsen waren stets die von den Autoradiographien erfassten Partien von Pericarp/Testa durch Radioaktivität geschwärzt (Abb. 39), was auf einen Wirkstofftransport in den Randschichten des Kornes hindeutet (s. 4.4).

72 h nach der Aussaat war die Keimungsphase längst abgeschlossen und obwohl Spelze und Pericarp/Testa noch immer intensive Schwärzungen aufwiesen, war bislang kein Wirkstoff über Dorsal- oder Ventralseite bzw. über die Kornspitze in das Stärkeendosperm vorgedrungen. Dagegen lag die primäre Eintrittsstelle von Radioaktivität in das Stärkeendosperm offenbar an der Kornbasis im Kolehiza-nahen Bereich des Scutellums (Abb. 39). Hier waren zum Teil schon 48 h nach Keimungsbeginn erste, leichte Schwärzungen erkennbar, die sich jedoch innerhalb der folgenden 24 h nicht wesentlich weiter im Stärkeendosperm ausbreiteten. Soweit aus den Autoradiographien ersichtlich, drang die Radioaktivität in der Folge, analog zum Endospermabbau (Endosperm-Verflüssigung), parallel zum Scutellum in das Stärkeendosperm vor.

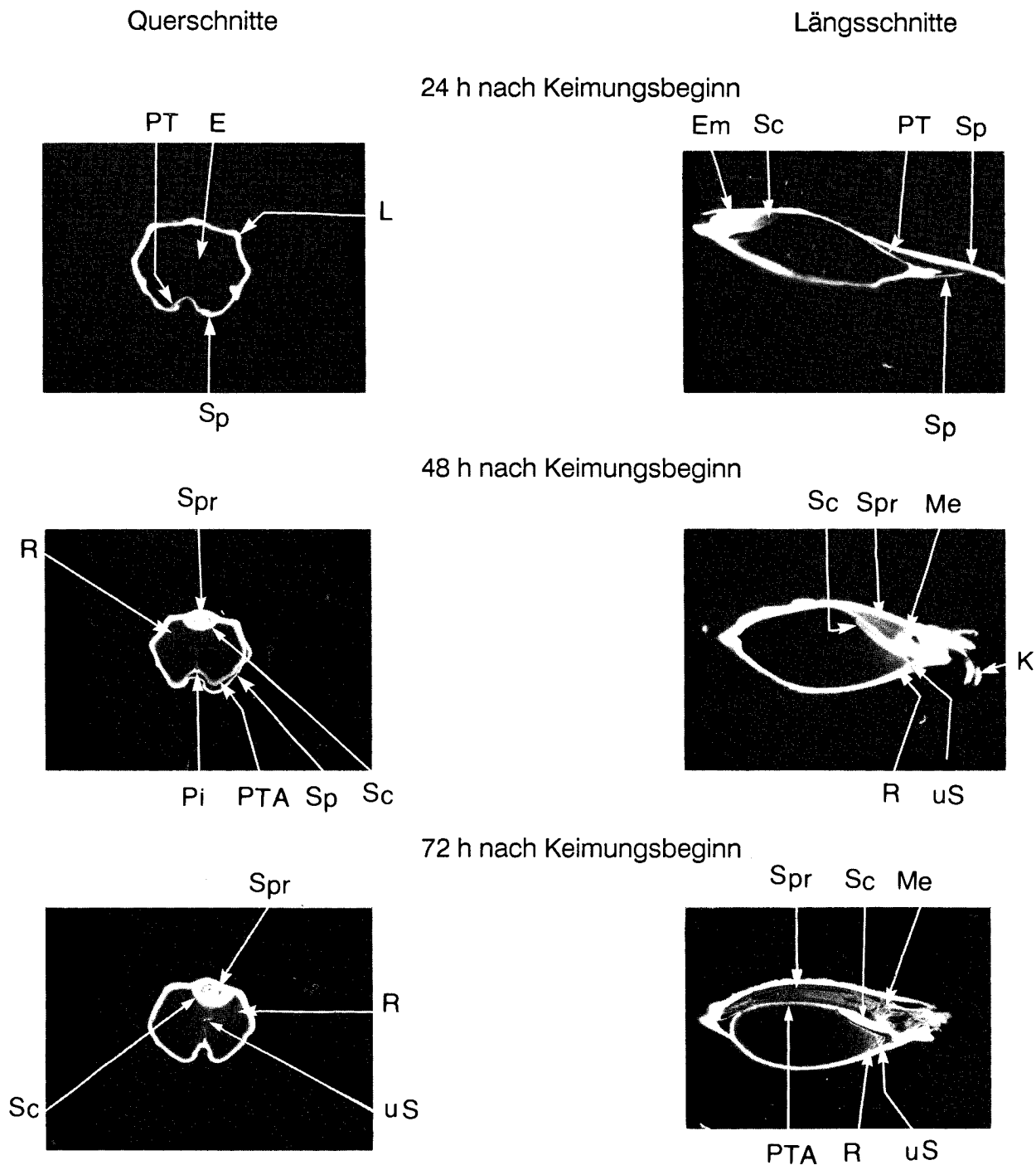
Zwischen dem 3. Tag und 7. Tag (Stadium 11) nach Keimungsbeginn fand anscheinend ein starker Eintransport von Radioaktivität in das Stärkeendosperm statt. Gleichzeitig schritt der Endospermabbau von der Scutellum-Seite her und bevorzugt im Dorsalbereich fort. Bis zur Ausbildung des 2. Blattes (12) erfolgte eine weitgehende, jedoch nicht vollständige Verflüssigung des Endosperms. Die Radioaktivität war jedoch nicht auf die Bereiche beschränkt, die noch sichtbare Endospermreste aufwiesen. Sie wurde zum Teil verstärkt in denjenigen Regionen beobachtet, in denen das Endosperm bereits vollständig oder weitgehend verflüssigt war.

Der Radioaktivitätsgehalt der Spelzen nahm mit zunehmender Verweildauer der Karyopsen im Boden ab und war im Stadium 11 - 12 nur noch schwach zu erkennen (Abb. 40). Dagegen fand in den darunterbefindlichen Gewebeschichten eine relative ^{14}C -Anreicherung statt. Diese erstreckte sich vermutlich nicht nur auf Pericarp/Testa, sondern auch auf das Aleurongewebe. Breite und Verlauf der Akkumulationszone entlang dem nuzellaren Geweberest in der Bauchfurchenregion (Abb. 40) stimmten mit den anatomischen Verhältnissen des Aleurongewebes in diesem Teil der Karyopse überein (Briggs, 1978). Ein Eindringen von Radioaktivität in die Aleuronschicht zeichnete sich allerdings auch schon kurz nach Keimungsbeginn ab, ohne daß jedoch über diesen Weg eine weitere Diffusion von Triadimenol in das Stärkeendosperm erkennbar gewesen wäre (Abb. 39).

Einige charakteristische Merkmale der autoradiographierten Karyopsen lassen sich zusammenfassend auflisten:

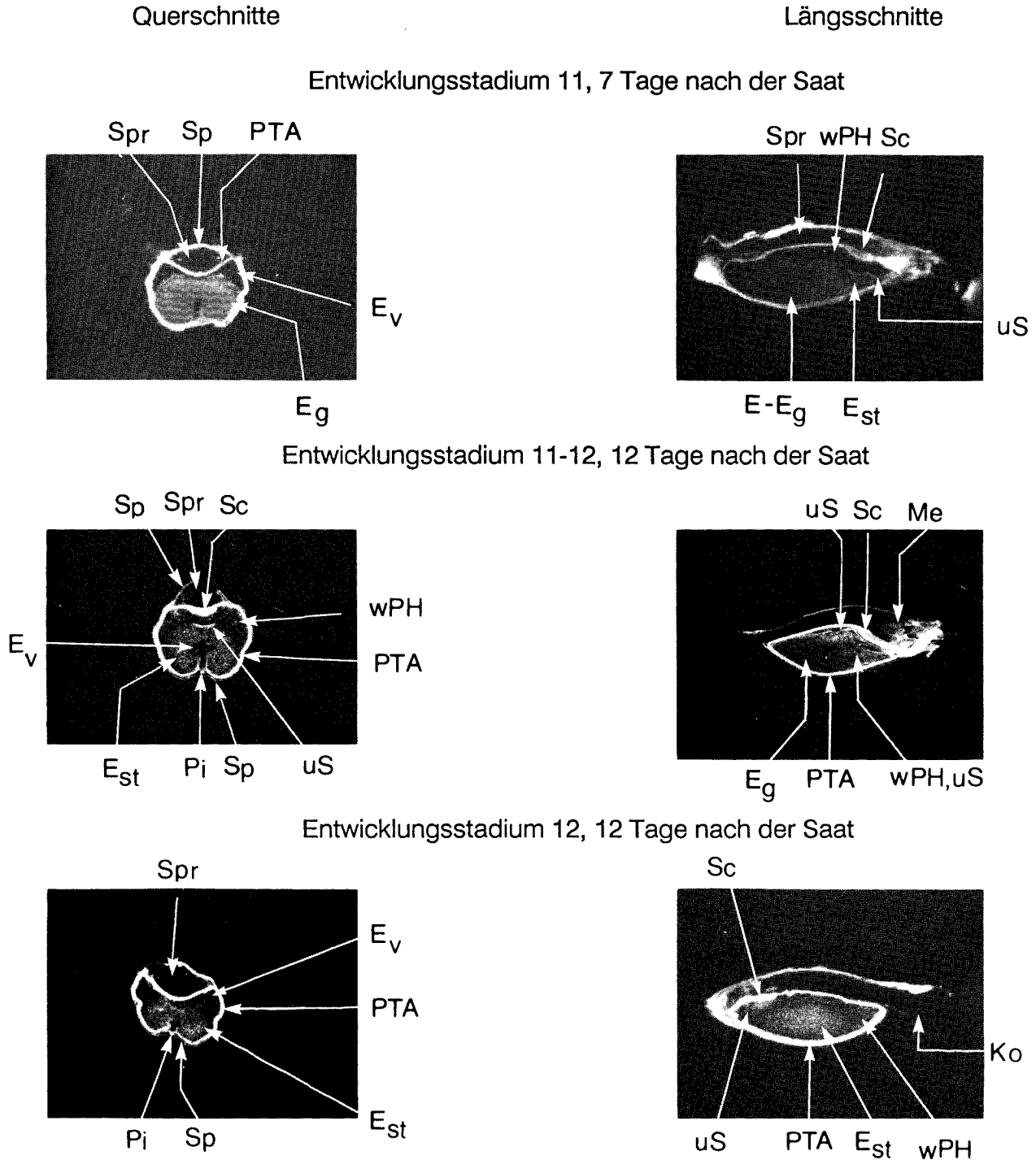
1. Die kornumgebenden Gewebeschichten (Spelze, Pericarp/Testa und Pigmentstreifen) waren stets intensiv geschwärzt und hoben sich deutlich vom Endosperm ab.
2. In allen Phasen der Entwicklung fiel das Scutellum durch seinen besonders hohen Radioaktivitätsgehalt in Relation zum umgebenden Gewebe auf. Von ihm trat Radioaktivität über das provaskuläre Gewebe im Bereich des Mesokotyls in den Keimling über.

Abb. 39: ^{14}C -Aufnahme in die Karyopsen von Wintergerste nach Saatgutbeizung mit $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol in der Formulierung als Baytan 075 FS.



E = Endosperm (intakt), E_v = verbrauchtes Endosperm (Hohlraum), E_{st} = stark verflüssigtes Endosperm, E_g = gering verflüssigtes Endosperm, Em = Embryo, K = Keimwurzel, Ko = Koeoptile, L = Leitbündel, Me = Mesokotyl, Pi = Pigmentstreifen, PT = Pericarp/Testa, PTA = Pericarp/Testa/Aleuron, R = in das Endosperm eindringende Radioaktivität, Sc = Scutellum, Sp = Spelze, Spr = Sproß, uS = unidentifizierte Strukturen, wPH = wäßrige Phase (verbrauchtes Endosperm)

Abb. 40: ^{14}C -Aufnahme in die Karyopsen von Wintergerste nach Saatgutbeizung mit [^{14}C]Triadimenol in der Formulierung als Baytan 075 FS.



E = Endosperm (intakt), E_v = verbrauchtes Endosperm (Hohlraum), E_{st} = stark verflüssigtes Endosperm, E_g = gering verflüssigtes Endosperm, Em = Embryo, K = Keimwurzel, Ko = Koleoptile, L = Leitbündel, Me = Mesokotyl, Pi = Pigmentstreifen, PT = Pericarp/Testa, PTA = Pericarp/Testa/Aleuron, R = in das Endosperm eindringende Radioaktivität, Sc = Scutellum, Sp = Spelze, Spr = Spross, uS = unidentifizierte Strukturen, wPH = wässrige Phase (verbrauchtes Endosperm)

3. Das Endosperm wies teilweise Bereiche bzw. Konturen höheren Radioaktivitätsgehaltes auf, die lichtmikroskopisch nicht immer definierten Gewebeteilen zugeordnet werden konnten (Abb. 39 und 40). Vielfach waren die Radioaktivitätskonzentrationen in Scutellum-nahen und bereits verflüssigten Endospermbereichen höher als in unmittelbar daran angrenzenden Regionen, in denen der Abbau des Endosperms noch nicht so weit fortgeschritten war (Abb. 40).

4 Diskussion

4.1 Beizung

Zwischen der DS- und der FS-Formulierung von Baytan konnten in der vorliegenden Arbeit keine Unterschiede in der Radioaktivitätsaufnahme und somit keine Hinweise auf eine bevorzugte Aufnahme aus der einen oder der anderen Formulierung festgestellt werden. Unabhängig von der verwendeten Formulierung nahm die frühgesäte Wintergerste unter natürlichen Witterungsverhältnissen (STD) bis zur Bestockung (22 - 23) maximal 5 % der applizierten Radioaktivität auf. Diese Aufnahme lag damit in der gleichen Größenordnung wie die ^{14}C -Gehalte, die von Steffens et al. (1982), Haque et al. (1983), Thielert (1984) und Steffens et al. (1986) in den Sprossen von verschiedenen Getreidearten nach Beizung mit $[^{14}\text{C}]$ Baytan 25 DS nachgewiesen wurden. Da sich die Einzelkornbeladung der Karyopsen mit $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol nach Beizung mit der DS- (13.3 μg /Korn) und der FS-Formulierung (14.6 μg Triadimenol/Korn) voneinander unterschieden (Tab. 6), mußte die *relative* Wirkstoffaufnahme in diesem Bereich dosisunabhängig erfolgt sein. Daraus ergibt sich eine positive Korrelation zwischen dem Wirkstoffgehalt auf dem Korn und der Wirkstoffaufnahme in den Sproß, wie sie von Leroux et al. (1975 a) für Benomyl und Tischner (1987) für Triadimenol (DS-Formulierung) gefunden wurde. Auch in den mit der FS-Formulierung durchgeführten Versuchen zeigte sich diese enge Beziehung. Denn die Beizung mit $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS führte in der behandelten Saatgutpartie zu einer asymmetrischen Einzelkornverteilung des Wirkstoffes, d.h. zu einer linksgipfligen bzw. rechtsschiefen Häufigkeitsverteilung der ^{14}C -Gehalte/Korn. Diese wurde im Freilandlysimeterversuch (Versuch 1) anhand der Häufigkeitsverteilung der ^{14}C -Gehalte von über 2000 Pflanzenfraktionen der $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS-gebeizten Wintergerste wiedergefunden (unveröffentlicht). Zusätzlich bestand bezüglich der relativen Lage von arithmetischem Mittel und Median eine gute Übereinstimmung zwischen der Einzelkornverteilung des Wirkstoffes einerseits und den ^{14}C -Gehalten der Wintergerste in den Stichproben der Versuchspflanzen andererseits.

In einem Getreidebestand kann die oftmals inhomogene Wirkstoffverteilung nach Flüssigbeizung problematisch werden. Koch (1986) stellte fest, daß sich in Extremfällen die Hälfte der zudosierten Beizmittelmenge auf nur 5 % des Saatgutes verteilen. Unterbeizungen können somit besonders in Fröhsaaten und bei starkem Mehltau-druck zu vorzeitigem Wirkungsabfall führen (Obst, 1984; Tischner, 1987). Von Triadi-menol, das im Boden nur über eine eingeschränkte Mobilität verfügt, kann in Fällen von Unterbeizung keine rechtzeitige Nachlieferung von Wirkstoff aus dem Beizhof überbeizter Nachbarpflanzen erwartet werden (Tuppen, 1977; Thielert, 1984; Riley, pers. Mitteilung). Im Freilandlysimeterversuch (Versuch 1) trug die Radioaktivitätsauf-nahme aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen bis zur Bestockung (21 bzw. 22 - 23) nur

nach simulierten Niederschlägen (FEU) mit maximal 12 % zur Gesamtaufnahme in den Sproß von frühgesäter Wintergerste bei (Tab. 11). Im Hinblick auf Wirkungsgrad und Wirkungsdauer, insbesondere gegenüber windbürtigen Pathogenen, ist damit jede Pflanze auf ihre eigenen Wirkungsreserven angewiesen.

Andererseits können Überdosierungen bei zu nassem oder verkrustetem Boden, sowie bei niedrigen Temperaturen und zu tiefer Saat einen verzögerten bzw. verminderten Feldaufgang verursachen (Frohberger, 1978; da Luz et al., 1986). Triadimenol greift in den Sterolstoffwechsel sowie den Gibberellinhaushalt der Pflanze ein und beeinflusst u.a. das Längenwachstum von Keimpflanzen (Förster et al., 1980 a; Buchenauer et al., 1981; Kohts, 1981; Buchenauer et al., 1984). Diese Effekte sind konzentrationsabhängig. In den eigenen Freilandversuchen wurde nur in seltenen Fällen beobachtet, daß überbeizte Keimpflanzen aufgrund einer starken Verkürzung der Koeoptile die Bodenoberfläche nicht durchstoßen konnten. Der auch nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS generell gute Feldaufgang wurde nach beiden Saatterminen durch die warme Witterung (Abb. 19) begünstigt, wodurch sich extreme Triadimenol-Konzentrationen im Keimlingsgewebe schnell verdünnten.

4.2 Wirkstoffverfügbarkeit

Die Frage, auf welchem Wege Triadimenol nach der Aussaat von Baytan-gebeiztem Saatgut vorwiegend in die Pflanze aufgenommen wird, ist nach wie vor nicht eindeutig geklärt. Während nach Steffens et al. (1982) die Aufnahme zwischen 1-Blatt- (11) und 3-Blatt-Stadium (13) mit hoher Wahrscheinlichkeit über die Wurzel aus dem eigenen bzw. dem Beizhof der Nachbarpflanze erfolgt, folgert Thielert (1984) aus seinen Ergebnissen, daß bis zum Abbau der Endospermreserven die Hauptaufnahme über die Karyopse stattfindet. Unter geeigneten Versuchsbedingungen sind beide Organe befähigt, die Pflanze mit hohen Wirkstoff-Mengen zu versorgen. So fand Thielert (1984) im 3-Blatt-Stadium (13) bis zu 5 % der applizierten Radioaktivität im Sproß von [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Winterweizen, nachdem die Wurzelaufnahme ausgeschlossen wurde. Auch die Triadimenol- bzw. Triadimefon-Aufnahme aus Nährlösungen über die Wurzel erfolgt sehr rasch und verläuft bei ausreichender Versuchsdauer nahezu quantitativ (Buchenauer et al., 1982 b; Brennecke, pers. Mitteilung).

In dieser Diskussion hat eine Wirkstoffaufnahme über die Sproßbasis bisher nur wenig Beachtung gefunden (Riley et al., 1977). Sie erfolgt bei Getreidepflanzen wie eine Aufnahme über das Blatt (Edgington et al., 1977).

Der Vollständigkeit halber muß die Aufnahme gasförmiger Wirkstoffanteile erwähnt werden (Scheinpflug et al., 1977; Schlüter, 1977; Clark et al., 1978). Sie dürfte für die Wirkstoffaufnahme nach Saatgutbehandlung nur geringe Bedeutung haben. In Untersuchungen von Obrist (1979) fanden selbst nach 1-monatiger Inkubation von [^{14}C]Triadimenol in einem feuchten, sandigen Lehmboden bei Raumtemperatur keine

gasförmigen Wirkstoff-Emissionen statt und auch Thielert (1984) stellte nach Aussaat von [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Wintergetreide nur Spuren an Radioaktivität in den unbehandelten Kontrollpflanzen fest.

Da die Wirkstoffaufnahme nach Saatgutbeizung offenbar nicht durch ein mangelndes Absorptionsvermögen der potentiell aufnahmefähigen Pflanzenorgane limitiert wird, müssen folglich die Verfügbarkeitsverhältnisse im Boden in Abhängigkeit von der Witterung die Triadimenol-Aufnahme begrenzen.

Nach der Beizung haftet noch die gesamte Wirkstoffmenge als Auflage auf der Oberfläche der Karyopse und ist noch nicht in das Korn eingedrungen (Steffens et al., 1982). Daher kann man das Einbringen eines Wirkstoffes in den Boden mit dem gebeizten Saatgut auch als stark lokalisierte Bodenapplikation auffassen. Somit wird die Verfügbarkeit von Triadimenol für die Keimpflanze nach der Aussaat von folgenden Faktoren bestimmt:

1. dem Anteil an gelöstem und reversibel adsorbierten Wirkstoff im Boden sowie
2. der räumlichen und zeitlichen Koinzidenz von Wirkstoff und aufnahmefähigen Organen der Pflanze.

Ein hoher Anteil an gelöstem bzw. reversibel adsorbiertem Triadimenol stellt zwar eine wichtige Voraussetzung für die Aufnahme dar, ist jedoch nicht ausreichend, solange sich nicht entsprechende Wirkstoffmengen im Einzugsbereich der Pflanze (Karyopse, Sproßbasis, Wurzel) befinden. In den eigenen Arbeiten wurde der Versuch unternommen, die Triadimenol-Verfügbarkeit im Beizhof unter verschiedenen Feuchtebedingungen vergleichend abzuschätzen. Als Parameter diente die Desorption mit Wasser bei doppelter WK_{max} des Bodens. Die Eignung einer solchen Methode wurde in den Arbeiten von Pestemer (1983; 1984) und Stalder et al. (1980) zur Erfassung der Bioverfügbarkeit von Herbiziden im Boden nachgewiesen.

Faktoren, die die Mobilität von Wirkstoffen im Boden beeinflussen, wurden in einem Übersichtsartikel von Cheng et al. (1986) behandelt. Danach hängt die Sorption einer nicht-ionisierten Verbindung im Boden in erster Näherung von ihrer Lipophilität ab, die sich gut anhand der Verteilung im System Oktanol / Wasser (K_{OW}) beschreiben läßt (Cheng et al., 1986; Nicholls, 1988; Patil et al., 1988). Das Diastereomeren-Gemisch aus Triadimenol A ($\log K_{\text{OW}}$ 3.08) und Triadimenol B ($\log K_{\text{OW}}$ 3.28) besitzt einen $\log K_{\text{OW}}$ von 3.12 (Kuck et al., 1987; Thielert, pers. Mitteilung). Damit besitzt dieser Wirkstoff nach einer Klassifizierung von Briggs (1973 b) nur eine geringe Verlagerungsneigung bzw. Mobilität im Boden (Klasse "low", $\log K_{\text{OW}}$ 2.39 - 3.78).

Gemessen an der Desorbierbarkeit zeigte sich in den vorliegenden Untersuchungen, trotz der geringen Mobilität von Triadimenol, eine hohe potentielle Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Boden. Nach der Frühsaat konnten im Stadium 10 - 11 nahezu 70 % der Radioaktivität aus dem Beizhof der STD- und FEU-Variante mit 10 aufeinanderfolgenden Desorptionsschritten in Lösung gebracht werden (Abb. 32). Dies steht im

Einklang mit den Untersuchungen von Vogeler (1978), der für das Triadimenol in einer sehr ähnlichen Parabraunerde aus derselben Region (Eschweiler) eine vergleichsweise geringe Adsorptionskonstante ermittelte. Rawlinson et al. (1982) berichten, daß trotz eines hohen K_d -Wertes von 19.4, noch 2 Jahre nach einer Triadimefon-Behandlung (500 g/ha) Wirkstoff aus dem Boden aufgenommen wurde und den Mehltreiberfall in Sommergerste verringerte.

Die Desorption von [^{14}C]Triadimenol aus dem Boden der Beizhöfe erfolgte zweiphasig. Mit dem 1. Desorptionsschritt wurden bis zu 31 % der Radioaktivität im Beizhof in Lösung gebracht (Tab. 20). Dieser ^{14}C -Anteil wird im folgenden als 'schwach adsorbiert' oder 'leicht verfügbar' bezeichnet. In allen folgenden Desorptionsgängen lagen die Desorptionsraten dagegen schon um einen Faktor $> 2 - 3$ niedriger und nahmen bis zur 10. Desorption in kleinen Schritten kontinuierlich ab (Abb. 32).

Ein hoher Anteil an schwach adsorbiertem Wirkstoff dürfte besonders bei geringer Wassersättigung im Boden für die Triadimenol-Versorgung der Keimpflanze von Bedeutung sein, weil die dann insgesamt sinkende Wirkstoffanlieferung per Massenfluß und Diffusion (Pestemer, 1984) zum Teil durch eine hohe Triadimenol-Konzentration in der Bodenlösung ausgeglichen wird.

Nach simulierten Niederschlägen (FEU) nahm offenbar die Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Boden im Sinne der Desorbierbarkeit ab (Tab. 20). Dieser Effekt läßt sich mit einer stärkeren relativen Adsorption als Folge der fortschreitenden Verdünnung des Wirkstoffes in dem sich ausweitenden Beizhof erklären (Scheffer et al., 1979; Hurle, 1981). Auch Racke et al. (1987) berichten, daß mit steigenden Applikationsraten von [^{14}C]Parathion die relative Bindung im Boden abnahm. Eigene orientierende Desorptionsversuche mit verschiedenen Triadimenol-Konzentrationen im Boden bestätigen diese Vermutung. Unabhängig vom Saattermin, der Versuchsdauer und der Höhe der Niederschläge, sank jedoch der 'leicht verfügbare' Anteil der Radioaktivität nicht unter 15 - 16 % (Tab. 20). Da die frühgesäte Wintergerste unter den FEU-Bedingungen etwa 12 % ihrer gesamten Radioaktivitätsaufnahme aus Beizhöfen benachbarter Pflanzen deckte (Tab. 11), obwohl sich ihre Hauptwurzelmasse infolge der hohen Bodenfeuchte nur geringfügig in horizontaler Richtung ausgebreitet hatte, mußte neben einer vertikalen auch eine ausgeprägte laterale Bewegung des Wirkstoffes stattgefunden haben.

Geschwindigkeit und Höhe des Wirkstoffabtrags von den Karyopsen im Boden können als Gradmesser für die Ausbreitung der Beizhöfe herangezogen werden (Thielert, 1984). Nach den diesbezüglichen Werten in Tab. 15 fand bei der frühgesäten Wintergerste unter den TRO-Verhältnissen nur unmittelbar nach der Saat ein Wirkstoffübergang in den Umgebungsboden der Karyopsen statt. Die kontinuierlich sinkende Bodenfeuchte (Tab. 8; Abb. 14) ermöglichte anschließend nur eine minimale Beizhofausbildung. Daher waren auch noch 7 Wochen nach der Saat (22 - 23) gut 27 %

der Radioaktivität in dem stark konzentrierten Beizhof mit einer einmaligen Desorption in Lösung zu bringen. Ähnlich fielen nach der Frühsaat unter natürlichen Bedingungen (STD) nur geringe Niederschläge, so daß auch hier nur eine begrenzte Beizhofausweitung erfolgen konnte.

Die Möglichkeit einer Wirkstoffaufnahme über die Hauptwurzelmasse aus dem eigenen Beizhof spielte demnach für die STD- und TRO-Variante zu keinem Zeitpunkt eine wesentliche Rolle, hätte aber unter den FEU-Verhältnissen theoretisch zu höheren Wirkstoffaufnahmen aus dem Beizhof führen können. Abb. 19 zeigt jedoch, daß nach den hohen Niederschlägen in der FEU-Variante, unabhängig vom Saattermin, die Anlieferung von Wirkstoffäquivalenten über die Wurzel erheblich geringer ausfiel im Vergleich zur Aufnahme aus stärker konzentrierten Beizhöfen (STD, TRO). Aufgrund der natürlichen Niederschläge, die ab November fast täglich fielen, stagnierte dann auch in der STD- und TRO-Variante mit beginnender Bestockung (21) die ^{14}C -Akkumulation im Sproß (Abb. 19). In der FEU-Variante hatten sich die Beizhöfe infolge der simulierten Regenfälle allerdings schon vorzeitig vergrößert (vgl. Tab. 15), so daß unter diesen Bedingungen schon 1 Monat früher keine weitere Nettoeinlagerung von ^{14}C -markierten Verbindungen im Blattapparat erfolgte.

Trotz gleicher Bodenfeuchten (43 - 44 % WK_{max}) wurden bereits kurz nach dem Feldaufgang der frühen Saat (10 - 11) unterschiedliche Desorptionsraten zwischen STD- und TRO-Variante (22.5 bzw. 31.0 % der wiedergefundenen Radioaktivität) festgestellt. Benutzt man die ^{14}C -Gehalte der Karyopsen als Indikator für die Ausbreitung des Beizhofes (Tab. 15), so hatte infolge der geringen natürlichen Niederschläge nach der Saat (Abb. 19) in der STD-Variante bereits ein höherer Übergang von Radioaktivität in den Umgebungsboden und damit eine etwas stärkere Wirkstoffverdünnung im Beizhof stattgefunden. Da die Proben aus unterschiedlichen Lysimetern stammten, könnten sich daneben auch strukturelle Faktoren im Boden modifizierend auf die Verfügbarkeit ausgewirkt haben (Graham-Bryce et al., 1971; Gatehouse et al., 1982). Streuungsbedingte Unterschiede zwischen den Mittelwerten sind dagegen auszuschließen, da die Standardabweichungen der mittleren Desorptionsraten durchweg sehr niedrig lagen (Tab. 20).

Die Verfügbarkeit des gelösten und reversibel adsorbierten Triadimenol im Beizhof ist für die Wirkstoffaufnahme bis zur Bestockung offenbar nicht so wichtig wie die Dauer der Wirkstoffretention im Bereich von Karyopse sowie Sproß- und Wurzelbasis. Da diese Retention durch geringe Bodenfeuchten bzw. Niederschläge erreicht wird, stehen diese Befunde im Widerspruch zu den Ergebnissen von Tischner (1987), der nach Baytan-Beizung von Gerstenpflanzen unter kontrollierten Bedingungen eine maximale Triadimenol-Aufnahme im Bereich von 75 % WK_{max} fand. Seine Resultate sind vermutlich darauf zurückzuführen, daß er die Versuchsgefäße von unten bewässerte, wodurch eine aufwärtsgerichtete Wasserbewegung und demzufolge auch nur eine geringe Beizhofausdehnung erfolgte. Blair et al. (1986) zeigten am Beispiel des

herbiziden Wirkstoffs Isoproturon, daß die Wirkung von bodenaktiven Substanzen in Topfversuchen von der Bewässerungstechnik beeinflußt wird. Die eigenen Experimente in Kick-Brauckmann-Gefäßen (Versuch 4) bestätigen die Bedeutung der Wasserperkolations für die Beizhofausbildung. Dadurch, daß ein Teil des durch Evapotranspiration aus den Gefäßen verlorenen Wassers von oben nachgegossen wurde (s. 2.5.1), wurde der gleiche Effekt wie nach simulierter Beregnung der FEU-Lysimeter induziert. Daher stimmten die Radioaktivitätsaufnahmen im Lysimeter- und Gefäßversuch in Höhe und Verlauf gut überein (Tab. 29). Auch David et al. (1955) wiesen an insektizidbehandelten Bohnensamen nach, daß eine starke Wasserperkolations durch den Boden den Wirkstoff im Wurzelraum verdünnte und die Aufnahme in die Pflanze verringerte.

Überraschend war die in der Wasserphase des 1. Desorptionsschrittes festgestellte Verengung des Verhältnisses der Diastereomere A und B von 4 : 1 im Baytan auf Werte zum Teil < 1 (Tab. 22). Zwar fanden Steffens et al. (1985), daß sich nach Aussaat von [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Wintergetreide mit zunehmender Versuchsdauer die Diastereomeren-Verhältnisse im Boden auf 1.4 - 1.8 : 1 verengten. Jedoch waren die Versuchszeiträume mit 202 - 206 Tagen erheblich länger als in den eigenen Versuchen mit maximal 74 Tagen.

Stereoselektive Prozesse wurden im pflanzlichen und pilzlichen Organismus bei der Reduktion des Triadimefon (Enantiomeren 1S und 1R) zu den Triadimenol-Diastereomeren A (1S, 2R; 1R, 2S) und B (1S, 2S; 1R, 2R) und auch bei der Metabolisierung des Triadimenol nachgewiesen oder zumindest vermutet (Gasztonyi, 1981; Kohts, 1981; Buchenauer et al., 1982 a; 1982 b; Deas et al., 1982; 1984 a; 1984 c). In Pflanze und Boden verläuft die Reduktion von Triadimefon zu Triadimenol mit unterschiedlicher Präferenz für die beiden Diastereomere. Im Boden überwiegt generell das Triadimenol B, während in der Pflanze bevorzugt das Triadimenol A gebildet wird (Vogeler et al., 1981; Buchenauer, 1982 b; Brennecke, pers. Mitteilung). Die Komplexität der involvierten Reaktionen läßt sich daraus ermessen, daß

1. an der Reduktion von Triadimefon zu den Triadimenol-Diastereomeren bzw. -Enantiomeren mehrere Enzyme beteiligt sein können (Gasztonyi et al. 1979, zit. in Gasztonyi, 1981; Deas et al. 1984 a)
2. die Umwandlungsrate von Triadimefon und die Zusammensetzung der produzierten Triadimenol-Isomere zwischen verschiedenen Organismen beträchtlich variieren können (Gasztonyi et al. 1979; Gasztonyi, 1981; Deas et al. 1984 c; 1986) und
3. die Zusammensetzung der produzierten Triadimenol-Isomere bei einem einzigen Organismus (Pilz) in Abhängigkeit von der applizierten Dosis und der Inkubationszeit schwanken kann (Deas et al., 1984 a).

Da der Anteil des Gesamtwirkstoffes an der desorbierbaren Radioaktivität unabhängig von der Bodenfeuchte und dem Probenahmetermin weitgehend konstant blieb, wird

für die vorliegenden Veränderungen in der Diastereomeren-Zusammensetzung eine Epimerisierung des 1S, 2R- und/oder 1R, 2S-Enantiomers (Triadimenol A) zum 1S, 2S und/oder 1R, 2R-Enantiomer (Triadimenol B) angenommen. Nach separater Beizung von Gerstensaatzgut mit den einzelnen Triadimenol-Enantiomeren fanden Clark et al. (1986) in einer Freilandstudie, daß 7 Wochen nach Applikation des 1R, 2S-Enantiomers (Triadimenol A) 23 % des freien Triadimenol im Sproß zum 1R, 2R epimerisiert worden waren. Darüberhinaus zeigten sich Unterschiede in Höhe und Art der von den einzelnen Enantiomeren gebildeten Konjugate. Die Epimerisierung wurde nach Auffassung der Autoren durch eine stereoselektive Oxidation des 2S-Kohlenstoffatoms mit nachfolgender Reduktion der entstehenden Keto-Gruppe zur 2R-Konfiguration bewirkt. Dieses Schema des Triadimenol-Metabolismus wurde bereits von Deas et al. (1984 b) in Untersuchungen mit den Basidiomyceten-Pilzen *Coriolus versicolor* und *Rhizoctonia solani* vorgeschlagen. Während Clark et al. (1986) die intermediäre Keto-Verbindung (Triadimefon), die aus der Oxidation des Triadimenol entsteht, nicht in der Pflanze nachweisen konnten, fanden Deas et al. (1984 b), daß etwa 8 % des Triadimenol vom pilzlichen Organismus wieder zu Triadimefon oxidiert wurden. Möglicherweise ist dies ein Hinweis darauf, daß die Epimerisierung bereits im Boden stattfand. Auch Vogeler et al. (1982) analysierten 128 Tage nach der Aussaat von [^{14}C]Baytan-gebeizter Wintergerste in den oberen 5 cm der Krume geringe Triadimefongehalte in Höhe von < 1 - 3 % der in dieser Bodenschicht wiedergefundenen Radioaktivität. Eine Epimerisierung wird, wie die Umwandlung von Triadimefon im Boden (Fisher et al., 1979), wahrscheinlich mikrobiell ablaufen, so daß die Verhältnisse im Wurzelraum eine große Rolle für die Geschwindigkeit der Umwandlung spielen können. So erhöhen z.B. die natürlichen Temperaturschwankungen im Freiland im Vergleich zu konstanten Temperaturen einen Wirkstoffabbau im Boden (Kubiak, 1986). Die Anwesenheit von Pflanzen kann den Energiestatus der Mikroorganismen in der Rhizosphäre durch Wurzelausscheidungen und die Umsetzung des absterbenden Wurzelmaterials erheblich verbessern und dadurch z.B. den Abbau von Wirkstoffen beschleunigen (Cheng et al., 1975; Sauerbeck et al., 1976; Seibert et al., 1982). In den Experimenten von Haque et al. (1983) waren trotz der langen Halbwertszeit von Triadimenol, die im Boden bis zu 2 Jahren betragen kann (Vogeler et al., 1981), bereits zur Bestockung, 26 Tage nach der Aussaat von [^{14}C]Triadimenol-gebeiztem Sommerweizen, nur noch 63.5 % der aus dem Wurzelbereich extrahierten Radioaktivität als Wirkstoff zu identifizieren. War das [^{14}C]Triadimenol dagegen als Baytan universal mit 3.3 % Imazalil und 3 % Fuberidazol formuliert, dann wurde die mikrobielle Umwandlung von Triadimenol durch die beiden anderen Komponenten verringert, so daß zur Bestockung noch 82.1 % Wirkstoff nachweisbar waren. Dies zeigt, wie labil die Gleichgewichtsverhältnisse im Boden im Hinblick auf die Metabolisierung von Triadimenol sein können. Allenmark et al. (1986) berichten über die enantioselektive Umwandlung verschiedener racemischer Verbindungen durch Bakterien *in vitro* und stellten u. a. eine

pH-Abhängigkeit der Aktivität von *Nocardia restrictus* fest. In den eigenen Untersuchungen haben sich vermutlich zwischen den Versuchsvarianten auch die Unterschiede im Wassergehalt des Bodens über die Mikroorganismenpopulation auf die Geschwindigkeit der Reaktionsabläufe ausgewirkt, was nach beiden Saatterminen die konservierende Wirkung der niedrigen Bodenfeuchten in der TRO-Variante erklären würde (Tab. 22; Abb. 33 und 34). Bei geringen Wassergehalten im Boden stagnierte bzw. verlangsamte sich bis zur Bestockung (22 - 23) die Verengung des Diastereomeren-Verhältnisses. 35 Tage nach der Frühsaat lag die Diastereomeren-Relation in der TRO-Variante mit 2.5 : 1 immer noch so hoch wie kurz nach dem Auflaufen (10 - 11), 6 Tage nach der Saat (2.4 : 1). In den anderen Varianten war sie dagegen bereits nach 22 (STD) bzw. 32 Tagen (FEU) auf Werte < 1 : 1 zurückgegangen, so daß der Anteil an Triadimenol B mit ca. 54 % (STD) bzw. 45 % (FEU) der desorbierten Radioaktivität über dem Anteil des Triadimenol A mit nur 31 % (STD) bzw. 36 % (FEU) lag. Auch nach der Spätsaat waren zur Bestockung (22 - 23), 71 - 74 Tage nach der Saat, die Anteile an Triadimenol B in der Wasserphase des 1. Desorptionsschrittes größer als die Anteile an Triadimenol A. Durch die anfänglich geringeren Bodenfeuchten (Tab. 8; Abb. 15) und die im Verlauf der Vegetationszeit sinkenden Bodentemperaturen (Abb. 17) wurde unter den TRO-Bedingungen die Umwandlung wahrscheinlich verlangsamt, so daß auch noch 74 Tage nach der Saat das Diastereomeren-Verhältnis nahe 2 : 1 lag (Tab. 22).

Überraschend schnell erfolgten nach der Frühsaat die Veränderungen in den Beizhöfen der STD- und FEU-Variante, denn bereits 10 Tage nach der Saat bestanden hier nur noch 33 - 39 % der 'schwach adsorbierten' radioaktiven Verbindungen im Beizhof aus Triadimenol A, 42 - 50 % dagegen aus Triadimenol B (Tab. 22; Abb. 34). Auch in Versuchen von Bewick (1986) mit Fluazifop und Wink et al. (1988) mit Diclofop und Fenoxaprop in jeweils 2 verschiedenen Böden wurden innerhalb von nur 1 - 2 bzw. 4 - 7 Tagen unter aeroben Bedingungen eine 50 %ige Inversion der jeweiligen S-Enantiomere zu den korrespondierenden R-Enantiomeren festgestellt. In sterilen Böden erfolgte keine Umwandlung.

Es kann nicht völlig ausgeschlossen werden, daß aufgrund der längeren Aufbewahrungszeit der Bodenproben bei +2 °C (s. 2.3.3) Artefakte entstanden sind. Da die Desorptionsraten aus den Vorversuchen und aus den Lysimeterexperimenten jedoch gut übereinstimmen, scheinen lagerungsbedingte Effekte im Hinblick auf die Desorbierbarkeit sehr unwahrscheinlich zu sein.

Gegen eine Veränderung der Diastereomeren-Verhältnisse während der Lagerung spricht, daß die niedrigen Temperaturen die biologische Aktivität in den Bodenproben auf ein minimales Niveau reduziert und damit Abbau und Metabolisierung des ohnehin sehr stabilen Triadimenol deutlich verzögert haben. Nach Patil et al. (1988) lagen die Abbauraten verschiedener Triazolverbindungen bei 5 °C ($t_{1/2}$ = 240 d) um den Faktor 8 niedriger als bei 10 °C ($t_{1/2}$ = 34 d). Des weiteren wurden zwischen einzelnen

Versuchsvarianten unterschiedliche Diastereomeren-Verhältnisse in den Desorptionslösungen ermittelt, obwohl die Wassergehalte im Boden zum Zeitpunkt der Probenahme sowie auch die anschließende Aufbewahrungsdauer vergleichbar waren. Durch die mehrfache Verpackung der Bodenproben in Plastikfolie wurden zusätzlich sauerstoffarme Bedingungen geschaffen. Ein Triadimenol-Abbau unter anaeroben Verhältnissen konnten Mango et al. (1977) nicht feststellen. Es wird daher angenommen, daß sich die (Feuchte-) Verhältnisse im Freilandlysimeter bis zur Probenahme insgesamt stärker auf das Wirkstoffverhalten im Boden auswirkten als die konstanten Bedingungen während der Lagerung, so daß zumindest die relativen Unterschiede zwischen den Versuchsvarianten erhalten blieben.

Es bleibt festzuhalten, daß sich der Anteil an Triadimenol A im Boden vermutlich durch stereoselektive Prozesse verringerte und zwar unabhängig davon, ob die beobachteten Diastereomeren-Verschiebungen vollständig oder nur partiell auf die Versuchsbedingungen im Lysimeter bzw. die Konditionen bei der Aufbewahrung der Bodenproben zurückgehen.

Auch nach Mehrfachdesorption (Tab. 23) verringerte sich der Anteil an Triadimenol A in der Desorptionslösung zwischen dem 1. und dem 5. Desorptionsschritt. Da der Anteil an Triadimenol B konstant bei 30 - 33 % der desorbierten Radioaktivität lag, während der Anteil an Triadimenol A zugunsten wasserlöslicher Metaboliten abnahm, waren mikrobielle Prozesse, wie sie oben diskutiert wurden, wahrscheinlich nicht ursächlich an den Veränderungen beteiligt. Bei einer Desorption werden jedoch auch wasserlösliche organische Substanzen aus dem Boden extrahiert. Diese sind in der Lage, kleine organische Moleküle zu komplexieren und in der Bodenlösung zu stabilisieren (Cheng et al., 1986). Zwar fanden Mango et al. (1977) und Obrist (1979) nach Inkubation von Triadimenol im Boden nur eine geringe Bindung an Fulvo- und Huminsäuren von < 3 %, jedoch konnten Sarkar et al. (1988) am Beispiel von 2,4-Dichlorphenol (2,4-DCP) zeigen, daß eine enzymatische Bindung phenolischer Xenobiotika an Fulvosäuren in weiten Temperatur- und pH-Bereichen stattfindet und daß diese Prozesse eher für die weniger lipophilen Substanzen ($\log K_{OW}$ Triadimenol A < $\log K_{OW}$ Triadimenol B) in Frage kommt. Die Verteilung einer Verbindung auf die verschiedenen Fraktionen der organischen Substanz (Fulvosäuren, Huminsäuren, Humin) kann ferner unter aeroben und anaeroben Bedingungen unterschiedlich sein (Bollag et al., 1983) und auch die Zusammensetzung der Bodenlösung, die sich bei mehrfacher Desorption durch die ständige Lösung sowie Entfernung von Ionen und organischen Verbindungen verändert (Kerpen, pers. Mitteilung), beeinflußt die Verteilung von Wirkstoffen im Boden entscheidend.

Insgesamt zeigt sich, daß der Wirkstoff Triadimenol, ungeachtet der experimentellen Gegebenheiten, raschen Veränderungen im Boden unterworfen war, die wahrscheinlich mikrobiell und/oder physiko-chemisch abgelaufen sind und stets zu einer Verringerung von Triadimenol A führten.

4.3 Wirkstoffaufnahme über Wurzel- und Sproßbasis

Die Ergebnisse der Lysimeterversuche (Versuch 1) ließen den Schluß zu, daß größere Mengen an Triadimenol auch über kornnahe Bereiche der Pflanze aufgenommen werden können. Dies wurde in Detailstudien bestätigt.

Bei ausschließlicher Radioaktivitätsaufnahme über die Wurzel (Abb. 8 A) wurden nicht mehr als 23 % der unter den Versuchsbedingungen (Versuch 3) insgesamt aufgenommenen ^{14}C -Menge bis zur Bestockung (21, 43 Tage nach Saat) aus dem Beizhof angeliefert (Tab. 28). Eine Ausbildung von Beizhöfen wurde durch simulierte bzw. natürliche Niederschläge (Abb. 36) sowie kontinuierlich hohe Wassergehalte im Boden (Tab. 26) erreicht. Wenn dagegen ^{14}C -markierte Verbindungen aus dem Beizhof auch an Karyopse, Sproßbasis und basale Teile der Wurzel gelangen konnten (Abb. 8 B), dann erhöhte sich die Radioaktivitätsaufnahme bis zur Bestockung (21) um weitere 30 % auf etwa 53 % der Gesamtaufnahme. Unter diesen Bedingungen gelangten sogar schon bis zum 1-Blatt-Stadium (11) gut 40 % der aufnehmbaren Radioaktivität mit der Bodenlösung und damit nicht aus dem Endosperm in die Pflanze. Die übrigen 50 - 60 % der Radioaktivität, die nicht direkt aus dem Beizhof stammten, wurden wahrscheinlich schon zu einem großen Teil bei der Quellung durch den unmittelbaren Kontakt zwischen Korn und Keimling aufgenommen. Ein anderer, vermutlich geringerer Teil, wurde möglicherweise mit den Endospermreserven in den Sproß transloziert.

In den Untersuchungen zur Ausscheidung von Radioaktivität über die Wurzel (Versuch 5) ergab sich ein vergleichbares Bild. Wenn Sproßbasis und proximaler Teil der Wurzeln nicht von Aktivkohle bedeckt (Abb. 11 A) und damit für $[^{14}\text{C}]$ Triadimenol zugänglich waren, dann erhöhte sich die ^{14}C -Aufnahme bei Anzucht der Wintergerste in Sand von ca. 0.8 auf 2.3 % und bei Anzucht im Boden von ca. 1.0 auf 1.6 % der applizierten Radioaktivität (Tab. 30). Aus diesen beiden Versuchsansätzen wird deutlich, daß die höhere Sorptionskapazität des Bodens im Vergleich zum Sand die Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Kornbereich einschränkte. Nach Diffusion vom Korn weg wurde aus dem Sand mehr Radioaktivität über basale Teile von Sproß und/oder Wurzel aufgenommen als aus dem Boden. Auch Leroux et al. (1975 a) stellten nach Saatgutbeizung mit Benomyl in verschiedenen Kulturpflanzen unterschiedlich hohe Wirkstoffaufnahmen in Abhängigkeit vom Substrat fest. Die Fungizidaufnahme nahm bei Mais, Gerste und Gurke in der Reihenfolge Sand (K_d 0.5) > Vermikulit (K_d 7.2) > Bodenmischung (K_d 12.5) und bei Bohne in der Reihenfolge Vermikulit > Sand > Bodenmischung ab.

In einem weiteren Freilandlysimeterversuch (Versuch 2) wurden die Karyopsen von $[^{14}\text{C}]$ Baytan-gebeizter Wintergerste zu verschiedenen Zeitpunkten nach der Aussaat entfernt, unmittelbar neben der Pflanze abgelegt, und die Radioaktivitätsaufnahme im Vergleich zu intakten Pflanzen (mit Karyopse) gemessen. Damit war einerseits die Ausbildung eines Beizhofes gewährleistet, andererseits aber hatte die Pflanze keine

Möglichkeit, sich im Zuge der Endospermentleerung mit Wirkstoff, der in das Korn eingedrungen war, zu versorgen. Auch dieser Versuch erhärtete den Befund, daß die Aufnahme aus dem Endosperm nicht die Bedeutung haben kann, die man bislang angenommen hatte. Zwar sollen Getreidekeimpflanzen nach Borgmann (1983) und Geisler (1980; 1983) erst mit Erreichen des 4-Blatt-Stadiums vollkommen von der Versorgung der Karyopse unabhängig sein, jedoch zeigen Dunkelkeimversuche von Thielert (pers. Mitteilung), daß die Endospermreserven von Weizenpflanzen nur zur Ausbildung der beiden ersten Laubblätter ausreichen. Im eigenen Versuch (Versuch 2) waren die Gerstenkeimpflanzen bereits kurz nach dem Auflaufen, 16 Tage vor Erreichen des 1-Blatt-Stadiums (11), in der Lage, sich ohne Endosperm zu entwickeln. Das Fehlen der Nährstoffreserven hatte zwar eine signifikant geringere Massenproduktion zur Folge, aber die Pflanzen erreichten das 1-Blatt-Stadium (11) etwa zur gleichen Zeit wie die Referenzpflanzen, die sich noch aus dem Endosperm versorgen konnten. In diesem Stadium (11) wurden nach einer Karyopsensektion signifikant geringere ^{14}C -Gehalte im Sproß der Keimpflanzen festgestellt (Tab. 24). Eine Entfernung der Karyopsen zu einem der beiden späteren Zeitpunkte brachte dagegen keine statistisch gesicherten Unterschiede in der absoluten Radioaktivitätsaufnahme (Tab. 24). Bezogen auf die produzierte Blattmasse waren die Unterschiede in der ^{14}C -Aufnahme (mg Wirkstoffäquivalente/kg FM) schon nach dem frühesten Sektionstermin nicht mehr signifikant (Tab. 25). Offenbar führte hier die Reduktion der transpirationsfähigen Blattoberfläche und weniger der Verlust des Endosperms zu der geringeren ^{14}C -Aufnahme und -translokation. Jedoch lassen diese Ergebnisse nicht den Schluß zu, daß die Karyopse unter Freilandbedingungen keine Bedeutung für die Wirkstoffaufnahme hat, denn sie erlauben keine Aussage zu einer Aufnahme *über* das Korn. Sie zeigen lediglich, daß unter den Versuchsbedingungen das Gros der Radioaktivitätsaufnahme wahrscheinlich nicht über das Endosperm erfolgte.

Obwohl bereits zu Beginn des Experimentes im Lysimeterboden ein hoher Feuchtegehalt von gut 50 % WK_{max} eingestellt wurde, lagen zur Bestockung (21), 61 Tage nach der Saat, die Maximalgehalte an Radioaktivität im Sproß mit 2.8 - 3.1 % der applizierten Radioaktivität (Tab. 24) nur knapp unter den Gehalten der gleichzeitig im Versuch 1 (Spätsaat) aufgewachsenen Wintergerste mit 3.4 (STD) - 3.5 (TRO) % (21, 57 - 60 Tage nach der Saat) (Anhang-Tab. 15). Dies bestätigt die bereits oben gemachten Ausführungen, daß weniger eine hohe Bodenfeuchte allein, sondern vielmehr ein Abwaschen des Wirkstoffes vom Korn (Niederschläge) für die Dispersion im Beizhof und eine sinkende Triadimenol-Verfügbarkeit in der frühvegetativen Entwicklung der Getreidepflanze verantwortlich sind. Bei der Keimung treten die Keimwurzeln aus der Karyopse hervor und können den Wirkstoff aus der Bodenlösung oder durch Interzeption aufnehmen. Sie wachsen jedoch schnell aus dem engen Bereich des Beizhofes heraus (Frohberger, 1978), so daß nur ihre proximalen Bereiche für eine weitere Aufnahme in Betracht kommen. Autoradiographien aus den Freilanduntersu-

chungen bestätigen, daß selbst im Stadium der Bestockung (22 - 23) noch hohe Konzentrationen an ^{14}C -markierten Verbindungen in den kornnahen Wurzelpartien auftreten (Abb. 25 und 26).

Aufnahme- und Translokationsprozesse über basale Bereiche der Wurzel sind sowohl für Pflanzennährstoffe (Russell, 1977) als auch für systemische Wirkstoffe nachgewiesen worden (Shone et al., 1973; Leroux et al., 1975 b; 1977; Jacobson et al., 1982). Auch auf eine Aufnahme nicht-ionisierter, lipophiler Wirkstoffe über basale Teile von Gerstensprossen wurde aus Hydrokulturversuchen von Briggs et al. (1983 a) geschlossen. Eine wichtige Beobachtung machten allerdings Shone et al. (1973) als sie feststellten, daß die Ethirimol- und Simazin-Aufnahme über die Sproßbasis von Gerstenpflanzen bzw. das Hypokotyl von Radieschenpflanzen ohne eine gleichzeitige Wasseraufnahme stattfinden konnte. Für die Aufnahme über basale Wurzel- und Sproßabschnitte sollen nach ihrer Auffassung vollkommen andere Mechanismen verantwortlich sein als für die Absorption über die Wurzel. In Untersuchungen von Riley et al. (1977) sank die Wirkstoffaufnahme Ethirimol-gebeizter Gerstenpflanzen bis zum Ende der Bestockung selbst bei Austrocknen der oberen Bodenschicht (obere 5 cm) bis unter den permanenten Welkepunkt nicht ab. Diese Ergebnisse entsprechen recht genau den eigenen Beobachtungen, die unter den TRO-Verhältnissen im Freilandlysimeterversuch (Versuch 1) nach der Frühsaat gemacht wurden. Hier fand bei anhaltender Trockenheit eine aufwärtsgerichtete Wasserbewegung statt (s. 3.2.3.1), so daß eine Ausbreitung des Beizhofes in die Tiefe nicht erfolgen konnte. Wurzeln wachsen bei Trockenstress schnell in tiefere Bodenschichten und auch die Anlage von Kronenwurzeln kann - wie in der TRO- und zum Teil auch in der STD-Variante beobachtet wurde (Abb. 25) - unterbleiben (Briggs, 1978; Ellis et al., 1980; Geisler, 1980). Folglich konnte unter diesen Verhältnissen die Wirkstoffaufnahme nur über das Korn sowie die basalen Teile der Wurzel und des Sprosses erfolgt sein. Diese Aufnahme mußte zudem weitgehend unabhängig von einer Wasseraufnahme verlaufen.

Möglicherweise brachten die sonnigen Tage und klaren Nächte des Frühherbstes eine etwas stärkere dampfförmige Wasserbewegung im Boden mit sich. Im Rhythmus der Tageszeiten kommt es nämlich infolge wechselnder Erwärmung und Abkühlung der Bodenoberfläche zu ständigen Wasserbewegungen, die immer in Richtung auf die kältere Zone erfolgen (Scheffer et al., 1979). Diese ist im humiden Klimabereich unter den o. g. Bedingungen im Herbst am stärksten und kann dann bis zu 1 mm Wasser für eine 15 cm mächtige Bodenschicht je Nacht betragen. Somit erfolgte im Saathorizont in Verbindung mit nächtlichen Tau-Depositionen vermutlich eine geringe Wasserzufuhr, so daß lokale Lösungsvorgänge im Kornbereich und eine begrenzte ^{14}C -Aufnahme mit dem Wasserfluß, der durch den Wurzeldruck erzeugt wird (Guttation, s. 4.5), möglich wurden. Die kurzen Diffusionswege in den konzentrierten Beizhöfen der TRO-Pflanzen und der darin befindliche hohe Anteil an 'leicht

verfügbarem' Wirkstoff (31 % der wiedergefundenen Radioaktivität; Tab. 20; s. 4.2) begünstigte bei der geringen Bodenfeuchte die [^{14}C]Triadimenol-Anlieferung an die Basis von Sproß und Wurzel.

Auf der Autoradiographie einer fraktionierten Pflanze aus dem STD-Lysimeter (Abb. 26) erkennt man nicht nur eine Akkumulation von Radioaktivität an der Wurzelbasis, sondern auch eine deutliche Schwärzung am Grund eines jeden Blattes. Auffällig ist sie am Primärblatt in dem Bereich, der von außen durch die Koleoptile bedeckt wird. Die Schwärzungen werden mit abnehmendem Blattalter geringer, treten dagegen an den Seitentrieben durchaus wieder stärker hervor. Führ et al. (1978) und Scheinpflug et al. (1978) konnten einen Lateraltransport von Triadimefon bzw. Triadimenol durch die Blattscheiden behandelte Blätter feststellen. Er betrug gut 20 % der applizierten Radioaktivität (Führ et al., 1978). Die Annahme, daß der Wirkstoff über die Basis des Sprosses aufgenommen und darin lateral von außen nach innen, d.h. von den älteren zu den jüngeren Organen transloziert wird, steht in Einklang mit den Beobachtungen zur Wirkstoffverteilung im Blattapparat (Tab.10), nach denen mit abnehmendem Blattalter auch abnehmende Triadimenol- bzw. Metaboliten-Gehalte festgestellt wurden (Steffens et al., 1982; Thielert, 1984; Thielert et al., 1986; Tischner 1987). Da Triadimenol wie die meisten systemischen Fungizide in Abhängigkeit von der Transpirationsrate verlagert wird (s. 4.5; Peterson et al., 1976; Edgington et al., 1977; Buchenauer, 1979; Edgington, 1981; Buchenauer et al., 1982 b) und die Transportrate im Apoplasten der älteren Blätter aufgrund der stärkeren Transpirationsleistung anfangs größer ist als in den jüngeren Blättern, wird der Wirkstoff beim Transport durch den Sproß von den älteren zu den jüngeren Blättern angereichert.

Eine mögliche Triadimenolaufnahme über basale Sproßteile gewinnt gegenüber anderen Triazolwirkstoffen dadurch an praktischer Bedeutung, daß Triadimenol die Ausbildung eines Halmhebers bei Getreidepflanzen unterdrückt (Bateman, 1986; Thielert, pers. Mitteilung). Das Wirkstoffdepot auf bzw. um die Karyopse und die Sproßbasis stehen somit in engem Kontakt zueinander. Gatehouse et al. (1982) wiesen nach, daß nach Beizung von Winterweizen mit Permethrin die Pflanzen nach flacher Saat besser vor einem Befall mit Brachfliegenlarven (*Delia coarctata*) geschützt waren als nach tiefer Saat. Brachfliegenlarven bohren sich unmittelbar über dem Bestockungsknoten in die Sproßbasis ein (Hoffmann et al., 1983). Bei tiefer Saat bildeten die Weizenpflanzen einen langen Halmheber aus und trennten so die Sproßbasis vom gebeizten Korn. Da sich der größte Teil des Permethrin (50 - 80 %) aber nur in unmittelbarer Nähe der Karyopse verteilte, wurden in den flach gesäten Pflanzen 10 - 15 %, in den tief gesäten Pflanzen dagegen nur 2 - 3 % des Permethrin an der Sproßbasis wiedergefunden.

4.4 Wirkstoffaufnahme über das Korn

Die Triadimenol-Aufnahme in das gebeizte Gerstenkorn muß in engem Zusammenhang mit den morphologischen und keimungsphysiologischen Besonderheiten der Karyopse gesehen werden. Zu diesem Themenbereich wurden in der Arbeit von Thielert (1984) wesentliche Erkenntnisse aus der Literatur zusammengestellt. Die eigenen Ergebnisse geben folgendes Bild:

[^{14}C]Triadimenol wird sehr schnell bei der Quellung der Gerstenkörner in den Embryo und das Scutellum aufgenommen (Abb. 39). Messungen zur Geschwindigkeit der Wasseraufnahme der Karyopsen wurden zwar nicht vorgenommen, aber aus der Literatur ist bekannt, daß diese in Abhängigkeit von der Temperatur sehr rasch verläuft. Nach nur 6 Stunden war die Wasseraufnahme von Weizenkaryopsen zu etwa 50 % (Axccl et al., 1983) und nach etwa 18 - 24 Stunden vollständig abgeschlossen (Seckinger et al., 1964, zit. in Butcher et al., 1973; Berrie, 1977; Moss, 1977). Mit Erhöhung der Temperatur von 20 auf 43 °C verdreifachte sich die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme (Campbell et al., 1957, zit. in Butcher et al., 1973), so daß sich bereits nach 2 - 6 Stunden ca. 85 % des maximalen Wassergehaltes im Endosperm einstellten. Auch Wirkstoffe werden bei steigenden Temperaturen schneller über das Korn aufgenommen (Hocombe, 1968; Rieder et al., 1970; Rubin et al., 1986). Kürbis- und Gurkensamen akkumulierten innerhalb von 48 Stunden bei 26 °C signifikant mehr ^{14}C -Dipropetryn als nach 120 Stunden bei 16 °C. Auch in den eigenen Versuchen (Versuch 1) beschleunigten die höheren Bodentemperaturen nach der Fröhsaat im Vergleich zur Spätsaat offensichtlich die Aufnahmevorgänge am Korn. Obwohl nach der Fröhsaat bis zur ersten Probenahme der Wintergerste (5 - 6 Tage) nur etwa halb so viel Zeit verging wie nach der Spätsaat (10 Tage), wurden im Sproß der frühgesäten Pflanzen schon kurz nach Feldaufgang (10 - 11) höhere ^{14}C -Gehalte gemessen als im Sproß der spätgesäten Pflanzen, und zwar unabhängig von den Bodenfeuchteverhältnissen.

Die Autoradiographien in Abb. 39 zeigen jedoch, daß die Aufnahme von [^{14}C]Triadimenol in das Endosperm der Wasseraufnahme zeitlich nachläuft. Noch 3 Tage nach Keimungsbeginn waren nur Spuren an Radioaktivität im Mehlkörper zu entdecken (Abb. 39). Die kutinisierte Samenschale (Testa) und der verkorkte bzw. suberinisierte Pigmentstrang, die in vielen Untersuchungen als wirksame Barriere gegenüber einem Eintransport von Wasser und darin gelösten Stoffen identifiziert wurden (Collins, 1918; Zeuschner, 1926; Grüß, 1929; Lehmann et al., 1931; Krauß, 1933; Tharp, 1935; MacMasters et al., 1978; Briggs, 1978), verhinderten eine schnelle Wirkstoffaufnahme über den Pfad 'Spelze - Pericarp - Testa - Endosperm - Scutellum' (Thielert, 1984). Aus den Erkenntnissen von Luzzati et al. (1962), daß die Stabilität und damit auch die Semipermeabilität von (tierischen) Phospholipidmembranen unter 20 % Wassergehalt verlorengelht, folgerte Simon (1978) für pflanzliche Samen, daß in den ersten Stunden der Quellung, bis zur Restitution der lamellaren Membranstruktur bei

etwa 20 - 30 % Wassergehalt, u. a. eine rasche Wirkstoffaufnahme möglich sei. Diese Befunde bestätigten sich jedoch in Untersuchungen an Phospholipiden aus Samen von *Lotus corniculatus* nicht (Pradet, 1982) und widersprechen auch eigenen Beobachtungen für die Triadimenol-Aufnahme in Gerstenkaryopsen.

Aufgrund der reduzierten oder gänzlich fehlenden Testa-Kutikeln im Bereich des Embryos und speziell über der Mikropyle gelangen Wasser und Lösungen hier am leichtesten in das Korninnere. Collins (1919) und Krauß (1933) geben daneben auch das untere Ende des Pigmentstranges in der Bauchfurche, d.h. der Chalaza oder der Anhaftungsstelle des Samens an die Fruchtwand, als ein Diffusionstor an. In diesem Bereich sollen während der Kornausbildung in der Ähre Transferzellen angesiedelt sein, die die Weiterleitung von Assimilaten in die Karyopse bewerkstelligen (Duffus et al., 1982; Smart et al, 1983; Schel et al., 1984). Im reifen Gerstenkorn ist der Pigmentstrang zwar verkorkt, jedoch nicht gänzlich undurchlässig. Jedoch erst die 'sink'-Wirkung des Embryos (Krauß, 1933; Briggs et al., 1983 b) ermöglicht offenbar eine schnelle Permeation von Lösungen. Aus Abb. 39 geht eindeutig hervor, daß diese Stelle die primäre Eintrittspforte darstellt, von der aus auch [^{14}C]Triadimenol anfänglich langsam in das Endosperm der Gerstenkaryopsen infiltrierte. Vorläufige Untersuchungsergebnisse zum Weichverhalten verschiedener Braugerstensorten bestätigen, daß die Aufnahme von tritiiertem Wasser (HTO) in das Stärkeendosperm in diesem Bereich der Kornbasis am schnellsten erfolgt (Rath, pers. Mitteilung).

Wie der Wirkstoff in der Zeit zwischen dem 3. und dem 7. Tag nach der Keimung in das Endosperm gelangt ist, kann den Autoradiographien nicht entnommen werden und muß Gegenstand der theoretischen Diskussion bleiben. Wie oben gezeigt, erfolgte die Wirkstoffaufnahme nicht zeitgleich mit der Wasseraufnahme. Ebenso konnten Zeuschner (1926), Hansen et al. (1952), Hocombe (1968), und Rieder et al. (1970) keine direkte Korrelation zwischen Wasser- und Wirkstoffaufnahme feststellen. Die Wirkstoffaufnahme von Samenkörnern ist offenbar in erster Linie ein Adsorptionsprozess an ihre lipophilen Strukturen, den Hocombe (1968) für Atrazin mit der Adsorption an die organische Substanz des Bodens verglich. Die Bedeutung der Pflanzenkutikeln für die Sorption lipophiler Substanzen wurde ausführlich von Kerler et al. (1988 a; 1988 b), sowie Riederer et al. (1988) diskutiert. Octanol und Kutin-Monomere besitzen aufgrund ihrer ähnlichen Molekularstruktur vergleichbare Sorptionseigenschaften. Nach Kerler et al. (1988 a) liegt bei beiden das Verhältnis unpolarer (Methylengruppen) zu polaren (Hydroxylgruppen) funktionellen Gruppen bei etwa 8 : 1. Pflanzenkutikeln sollen sich gegenüber Konzentrationen gelöster Stoffe unter 10^{-2} mol/kg wie flüssige Lösungsmittel verhalten. Sowohl die Adsorption als auch die Permeation lipophiler Verbindungen zeigen daher eine hohe Korrelation zum jeweiligen $\log K_{ow}$. Den Autoradiographien der Abb. 39 und 40 ist zu entnehmen, daß der Wirkstoff zu Beginn der Keimung und später noch stark an bzw. in den Randschichten

des Kornes sorbiert wird. Von dort kann das Triadimenol wahrscheinlich in nachfolgend genannter Weise in 3 Richtungen wandern:

1. longitudinal im Gewebe von Spelze und Pericarp,
2. durch die Testa hindurch in das Korninnere und
3. vom Korn weg bzw. aus dem Korn heraus in den Umgebungsboden.

Spelze und Pericarp der Gerste sind zur Leitung von Wasser und gelösten Verbindungen befähigt (Axcell et al., 1983; Collins, 1918; Briggs et al., 1983), so daß Substanzen innerhalb von wenigen Stunden vom apikalen zum basalen Ende der Karyopse transportiert werden können. Der Embryo stellt den 'sink' für diese Transportbewegung dar. Alle Verbindungen, die in einer Kutikula sorbiert und nicht kovalent gebunden sind, sind nach Schönherr et al. (1988) mobil. Sie können wieder aus der Kutikula diffundieren. Die Richtung hängt von der Ungleichgewichtssituation nach der Wasseraufnahme des Kornes ab. Sie wird im wesentlichen durch 3 Faktoren bestimmt:

1. Die Bodenfeuchte und die Wirkstoffkonzentration *um* das Korn herum,
2. die 'sink'-Wirkung des Embryo und
3. den Wassergehalt sowie die Wirkstoffkonzentration *im* Korn.

Untersuchungen von David et al. (1955) mit systemischen Insektiziden bestätigen, daß die Samenschale eine Art Depot darstellt, aus dem aufgenommene Wirkstoffanteile bei Ausbildung eines Feuchtegradienten (Niederschläge) wieder herausdiffundieren können. Im Lysimeterversuch (Versuch 1) zeigte sich, daß sich unabhängig von den Feuchteverhältnissen im Boden ein Gleichgewicht bezüglich der ^{14}C -markierten Verbindungen im und am Korn einstellt. So blieb der relative ^{14}C -Anteil der Karyopsen, der nach Elution mit Aceton noch im bzw. am Korn verblieb, in allen Versuchsvarianten über die gesamte Versuchsdauer weitgehend konstant (Tab. 18), obwohl die absoluten Radioaktivitätsgehalte der Karyopsen ständig abnahmen (Tab. 15). Unabhängig vom Saattermin blieb offenbar auch die im Stadium 10 - 11 ermittelte relative ^{14}C -Verteilung zwischen den "Karyopsen-Kompartimenten" 'Kornoberfläche', 'Spelze', 'Pericarp/Testa' und 'Endosperm' in der STD- und TRO-Variante bis zum Stadium 11 - 12 erhalten (Tab. 19), so daß sich der Wirkstoff zwischen den genannten "Kompartimenten" im Gleichgewicht befand. Durch die niederschlagsbedingten Abwaschverluste an Radioaktivität von den Karyopsen, die in der FEU-Variante beider Saattermine zwischen den Stadien 10 - 11 und 11 - 12 sehr rasch verlief (Tab. 15), wurde dieses Gleichgewicht zwischen den beschriebenen "Kompartimenten" jedoch nachhaltig gestört und bis zum Stadium 11 - 12 noch nicht wiederhergestellt (Tab. 19). Insgesamt deuten die Ergebnisse daraufhin, daß nach hohen Niederschlägen mit einem Verlust an Triadimenol auch aus dem Korninnern gerechnet werden muß. ^{14}C -markierte Verbindungen, die von der Kornoberfläche abgewaschen werden, können aus Spelze, Pericarp/Testa und wahrscheinlich auch aus dem Endosperm nachge-

liefert und an den Umgebungsboden abgegeben werden. In Untersuchungen von Thielert (1984) erreichte ein spätgesäter Winterweizen (27. Nov. 1981) erst nach 81 Tagen das 1-Blatt-Stadium (11) und nach weiteren 20 Tagen erst das 2-Blatt-Stadium (12). In dem genannten Zeitraum fielen insgesamt 203 bzw. 219 mm Niederschlag. Die Radioaktivitätsgehalte in den Sprossen beliefen sich allerdings nur auf 0.28 bzw. 0.35 % der applizierten Radioaktivität. Damit fand entweder nur eine geringe Radioaktivitätsaufnahme in das Endosperm statt und/oder der Wirkstoffanteil, der in das Endosperm eingedrungen war, diffundierte infolge der Regenfälle wieder aus dem Korn heraus.

Schon 48 Stunden nach Beginn der Keimung akkumulierte Radioaktivität verstärkt im Bereich von Pericarp/Testa und Pigmentstreifen (Abb. 39). Bereits 2 - 3 Tage nach Quellungsbeginn erfolgte ebenfalls eine Anreicherung unterhalb der Testa, im Bereich der Aleuronschicht. Bis zum 2-Blatt-Stadium (12, 12 Tage nach Saat) nahm die ^{14}C -Konzentration in diesen Kornpartien zu, während die ^{14}C -Gehalte der Spelze deutlich abnahmen (Abb. 40). Höhe und Geschwindigkeit dieser Radioaktivitätsabnahme hängen wesentlich von den Feuchteverhältnissen im Boden ab. Im Lysimeter-versuch (Versuch 1) fiel der Radioaktivitätsgehalt in der Spelze innerhalb von nur 3 (I) bzw. 10 (II) Tagen infolge der Beregnung (FEU) von etwa 18 % der applizierten Radioaktivität nach der Frühsaat bzw. 15 % nach der Spätsaat auf nur 5 % bzw. 3 % ab (Tab. 17). Bei geringer Bodenfeuchte (TRO) wurde im gleichen Zeitraum keine oder nur eine geringe Abnahme der Radioaktivitätsgehalte in der Spelze festgestellt.

Auf welche Weise [^{14}C]Triadimenol und/oder ^{14}C -Metaboliten in den Bereich der Aleuronzellschicht gelangte, ist nicht bekannt. Nach Geisler (1980) soll das im Bereich des Embryos aufgenommene Wasser zunächst zwischen der Testa und der Aleuronschicht in der Karyopse weitergeleitet werden. Über die Aleuronschicht dringt das Wasser dann weiter in das Endosperm vor. Manche anatomische Besonderheiten der Aleuronzellen begünstigen eine Aufnahme und Weiterleitung von Wasser und gelösten Stoffen. Die Aleuronzellen untereinander und die Aleuron- mit den Endospermzellen der Subaleuronschicht sind durch Plasmodesmen bzw. feine protoplasmatische Kanäle verbunden (MacMasters et al., 1978; Gram, 1982 b). Auch Moss (1977) fand eine anfänglich schnelle Aufnahme von Wasser in die Aleuronzellen von Weizenkaryopsen, das Wasser wurde jedoch anschließend im Cytoplasma der Zellen zurückgehalten. Eine tiefere Penetration im Bauchfurchenbereich führte er auf die geringere Kompaktheit der Aleuronzellen in diesem Teil der Karyopse zurück. Sowohl die Hemizellulose als auch das Protein in den Randschichten des Kornes (Frucht- und Samenschale, Aleuron und Subaleuron), beeinflussen die Wasserbewegung infolge ihrer Wasseranziehungs- und -haltekräft (Butcher et al., 1973; Axcell et al., 1983), gleichzeitig zählt Protein nach Lignin zu den Substanzen, die im wesentlichen für eine reversible Bindung von Wirkstoffen verantwortlich sind (Barak et al., 1983 a). In den Versuchen von Steffens et al. (1982) mit [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Sommerwei-

zen wurde [^{14}C]Triadimenol von der Testa der Karyopsen an einem schnellen Eindringen in das Endosperm gehindert. Noch 6 Tage nach der Keimung waren nur Spuren an Radioaktivität in der sich auflösenden Aleuronschicht feststellbar. Autoradiographien zeigten zu diesem Zeitpunkt der Stärkeauflösung und Nutzung durch den Keimling keine radioaktive Schwärzung im Stärkeendosperm. Wie die Autoradiographien der Abb. 39 und 40 belegen, erfolgte in den eigenen Versuchen eine schnelle Aufnahme an ^{14}C -Aktivität in die Aleuronschicht. Dort fand allerdings eine nachhaltige Akkumulation und Retention statt. Das Vordringen von Wirkstoff und/oder Metaboliten im Innern des Endosperms wird daher aller Wahrscheinlichkeit nach vorwiegend über das Scutellum erfolgt sein. Von diesem ist bekannt, daß es als Leiter für den Transport von Wasser fungieren kann (Butcher et al., 1973). Die Aufnahme gelöster Substanzen (z.B. Jod, Farbstoffe, Säuren) in das Endosperm soll in etwa dem Schema des Endospermabbaus folgen (Collins, 1918), der auf der Embryoseite beginnt und parallel zur Scutellumoberfläche mit leichter Voreilung an den peripheren Bereichen bis zum Kornapex fortschreitet (Briggs, 1972; 1973 a; 1978). Soweit dies anhand der analysierten Karyopsen nachvollziehbar war, folgte auch die Zunahme der Radioaktivitätskonzentration im Endosperm in etwa diesem Abbaumuster. Dabei waren die bereits stark verflüssigten Bereiche oftmals stärker geschwärzt als solche Zonen, in denen das Endosperm noch weitgehend intakt war. Anscheinend entstand für [^{14}C]Triadimenol bzw. ^{14}C -Metaboliten eine Art Konzentrationsgradient in Abhängigkeit von der Endospermverflüssigung, weil ^{14}C -markierte Verbindungen in höheren Anteilen in die wäßrigen Endospermregionen diffundieren und auch darin gelöst werden konnten. Daneben wurden vielfach lokale Akkumulationen beobachtet, die aber nicht immer zufriedenstellend zugeordnet werden konnten. Gram (1982 b) wies elektronenmikroskopisch nach, daß sich zwischen intaktem und bereits aufgelöstem Endosperm nur eine sehr dünne, etwa eine Zelllage starke Übergangszone ausbildet. Diese Übergangszone bestand aus Zellwandmaterial, das nach Entleerung der Stärke aus dem Lumen der Endospermzellen übrigblieb. Auch in den eigenen Autoradiographien konnten im Übergangsbereich zwischen verflüssigtem und noch nicht aufgelöstem Endosperm scharf-konturige Schwärzungen beobachtet werden. Sie wurden als "unidentifizierte Strukturen" gekennzeichnet.

Insgesamt stützen die autoradiographischen Ergebnisse die Ansicht, daß der Aufnahmeweg "Pericarp - Testa - Endosperm - Scutellum" (Thielert, 1984; Steffens et al., 1986) für die Triadimenol-Aufnahme in das Stärkeendosperm nur eine untergeordnete Rolle spielt und daß eine Wirkstoffnachlieferung aus dem Endosperm keinen wesentlichen Beitrag zur Triadimenol-Versorgung der Keimpflanze leistet. Auch Laborversuche von Jeffs (1974, zit. in Graham-Bryce, 1988) bestätigen diese Auffassung, denn eine Applikation von gamma-BHC auf die dorsale Oberfläche von Weizenkaryopsen wirkte sich nicht nachteilig auf die Entwicklung der Keimpflanzen aus. Offenbar war die Aufnahme in das Endosperm und die anschließende Mobilisierung mit den Nähr-

stoffreserven nur gering. Wurde der Wirkstoff dagegen im Scutellumbereich appliziert kam es zu phytotoxischen Erscheinungen. Aus den Autoradiographien der Abb. 39 und 40 ist zu ersehen, daß das Scutellum in allen Stadien der frühen Keimpflanzenentwicklung in erheblichem Ausmaße von 'außen', d.h. aus der Umgebung des Kornes und/oder aus den Randschichten des Kornes (Leitungsfunktion von Spelze bzw. Pericarp) mit Radioaktivität versorgt wurde. Nach der Keimung ist die Möglichkeit eines Kontaktes zwischen Scutellum und Triadimenol-enthaltender Bodenlösung entweder direkt oder durch Vermittlung von Pericarp und Spelze gegeben. Für die Weiterleitung von Triadimenol in das Endosperm ist das Scutellum vermutlich weniger geeignet, denn auch 72 Stunden nach Keimungsbeginn waren nur spärliche Mengen an Radioaktivität von der Basis des Scutellums in das Stärkeendosperm eingedrungen. Da sich Scutellum und Aleurongewebe im Hinblick auf Zusammensetzung und histochemisches Verhalten sehr stark ähneln (Smart et al., 1979 b), gibt es möglicherweise auch Parallelen im Sorptionsverhalten für Wirkstoffe, auf das bereits oben im Zusammenhang mit einer Triadimenol-Retention im Aleurongewebe hingewiesen wurde.

In der Literatur gibt es nur wenige Hinweise auf den Metabolismus von Pflanzenschutzwirkstoffen im Korn. Rubin et al. (1986) geben an, daß Dipropetryn in verschiedenen Samen von Cucurbitaceen nicht metabolisiert wird. Briggs et al. (1974) fanden in den Sprossen und Wurzeln von Gerstenkeimpflanzen nach 2 - 3 Tagen eine deutliche Umwandlung von Carboxin, nicht dagegen im Scutellum. Unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchte wurde im Freilandlysimeter (Versuch 1) eine Metabolisierung von [^{14}C]Triadimenol in Gerstenkaryopsen festgestellt, so daß im Keimpflanzenstadium 10 - 11 bzw. 11 - 12 nur noch etwa 2/3 der Radioaktivität im Endosperm als Triadimenol identifiziert wurden. Der verbliebene Rest repräsentierte überwiegend wasserlösliche ^{14}C -Metaboliten. Ob die metabolisierten Anteile des Wirkstoffes homogen im Endosperm verteilt oder in bestimmten Bereichen des Endosperms, z.B. im Aleurongewebe lokalisiert waren, blieb offen. Da der Wirkstoff aber bevorzugt im Bereich des enzymatisch hoch aktiven Scutellums (Dencheva et al., 1976; Briggs, 1978; Jensen et al., 1982; Negbi, 1984; Saarelainen et al., 1987; Vaisanen et al., 1986) in das Endosperm gelangte bzw. bevorzugt im ebenfalls physiologisch aktiven Aleurongewebe akkumuliert wurde, fanden dort vermutlich auch die Umwandlungsprozesse statt. Eine Identifizierung der Metaboliten wurde nicht vorgenommen. Wegen der hydrolytischen Spaltung von Sacchariden im Korn und den relativ hohen Gehalten an freien Zuckern in Aleurongewebe und Embryo (Briggs, 1973 a) ist es denkbar, daß die Metabolisierung in Form von Konjugationen stattgefunden hatte. Die Konjugatbindungen sind in der Pflanze möglicherweise reversibel (Jacobson et al., 1982), so daß aus ihnen wieder das Ausgangsmolekül des Wirkstoffes freigesetzt werden kann. Ohne diesbezügliche Nachweise muß jedoch zunächst davon ausgegangen werden, daß sich der Wirkstoffanteil nach einer Aufnahme in das Korn durch Metabolisierung

verringert. So berichten Shastry et al. (1984), daß Triadimenol im Sproß von Erdnußpflanzen nach Saatgutbehandlung nur 6 Tage lang, nach Bodenapplikation dagegen 15 Tage lang nachweisbar war.

Nach einer Wirkstoffaufnahme *über* das Korn (Versuch 5) konnte in verschiedenen Testsystemen zweifelsfrei eine Verlagerung und Ausscheidung von [^{14}C]Triadimenol und Metaboliten über die Wurzel nachgewiesen werden. Wirkstoffausscheidungen über die Wurzel wurden bisher nur nach Blattapplikation z.B. von 2,4-D und Clopyralid (Turnbull et al., 1985) sowie Sethoxydim (Hudetz, pers. Mitteilung) beobachtet. Die Phloemaufnahme und -translokation von Verbindungen mit und ohne Säurecharakter ('weak acid'-Theorie von Crisp et al., 1978 und 'intermediate permeability'-Theorie von Tyree et al., 1979) wurden von Chamberlain et al. (1986), Rigitano et al. (1986; 1987) sowie Bromilow et al. (1987) experimentell detailliert untersucht. Triadimenol selbst ist im wesentlichen nicht phloemmobil. Nur geringe Translokationsraten, die zumeist deutlich unter 1 % der Applikation rangierten, wurden bislang nach Blattbehandlungen mit Triadimefon bzw. Triadimenol ermittelt (Brandes et al., 1978; Buchenauer et al., 1982 b; Führ et al., 1978; Kuck et al., 1987). David et al. (1955) stellten mit ^{14}C -markierten systemischen Insektiziden fest, daß nach einer Saatgutbehandlung die Radioaktivität in den Wurzeln größer war als nach einer Bodenapplikation. Ebenso zeigen die eigenen Autoradiographien (Abb. 25 und 26) sowie die Autoradiographien von Thielert (1984), daß sich nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 075 FS bzw 25 DS geringe Radioaktivitätsmengen in den Spitzenbereichen von Getreidewurzeln befanden, auch wenn diese aus dem Beizhof herausgewachsen waren. Eigene Gefäßversuche unter kontrollierten Bedingungen bestätigen, daß eine basipetale Translokation von Radioaktivität in die Wurzeln erfolgt. Wie orientierende Untersuchungen ergaben, nehmen die ^{14}C -Gehalte in den Wurzelsegmenten mit zunehmender Entfernung von der Karyopse ab (nicht veröffentlicht). Etwa 4/5 der insgesamt abgegebenen Radioaktivität werden bereits bis zum 1-Blatt-Stadium ausgeschieden (Abb. 37). Möglicherweise ist die hohe basipetale Verlagerungsrate von Triadimenol zu Beginn der Pflanzenentwicklung auf die hohe Wirkstoffkonzentration im Keimling und damit auch in dem sich entwickelnden Wurzelgewebe zurückzuführen. Ähnlich wie beim Ca kann nämlich auch bei xylemmobilen Substanzen nach Aussagen von Jacob (1975) gelegentlich eine Phloemmobilität gefunden werden, wenn mit sehr hohen Dosen gearbeitet wird. Nach der Saat treten im Keimling tatsächlich sehr hohe Wirkstoffkonzentrationen auf, die infolge der anfänglich fehlenden oder zumindest noch relativ schwachen Transpiration über die noch kurzen Distanzen der Keimwurzeln verlagert werden können. Mit der Entwicklung des Blattapparates und der Verdünnung des Wirkstoffes am Korn wird Triadimenol dann zunehmend in dem stärkeren Translokationsstrom des Xylems akropetal verlagert. Wie die Abb. 38 anhand von Extrembeispielen demonstriert, können allerdings zwischen einzelnen Pflanzen Unterschiede im Hinblick auf den Verlauf der ^{14}C -Exkretion auftreten.

Bei Anzucht der Wintergerste in Sand bzw. Boden (Versuch 5) wurden nur durchschnittlich ca. 30 % der Radioaktivitätsmenge, die im Sproß nachgewiesen wurde, auch in der Wurzel und im Wurzelraum wiedergefunden. Demgegenüber translozierten die Pflanzen in Hydrokultur etwa genau soviel Radioaktivität in die Wurzel und den Wurzelraum (1.5 %) wie in den Sproß (1.7 % der applizierten Radioaktivität; Tab. 30). Hier muß auf die artifiziellen Versuchsbedingungen hingewiesen werden. Im Vergleich zum Sand und Boden herrschte in der Hydrokultur ein erheblich stärkerer Wirkstoffgradient zwischen Wurzel und Nährlösung, der vermutlich für einen leichteren Austrag von Triadimenol und Metaboliten aus der Wurzel sorgte. Da die Nährlösung zudem turnusmäßig erneuert wurde (Tab. 5), war eine Wiederaufnahme radioaktiver Verbindungen nur in geringem Umfange möglich. Dagegen wurde die Radioaktivität möglicherweise in den Versuchsansätzen 'Sand' und 'Boden' zunächst basipetal verlagert, aber nach Austritt aus dem Symplasten infolge des langsameren Überganges in die Rhizosphäre und dem zunehmenden Transpirationssog anschließend wieder aufgenommen und akropetal transloziert. Die stetige Abnahme des [^{14}C]Triadimenol-Anteils in den Ausscheidungen der Wurzeln sind möglicherweise Ausdruck der zunehmenden Metabolisierung im Korn (Tab. 31).

Daneben wurden in den Wurzeln auch stark sorbierte oder gebundene Rückstände gefunden (Anhang-Tab. 29), deren Anteil über 8 % der basipetal translozierten Radioaktivität ausmachte (Versuch in Nährlösung). Dies ist möglicherweise auf eine zunehmende Lignifizierung älterer Wurzelteile zurückzuführen, mit der gleichzeitig die Sorptionskapazität für lipophile Wirkstoffe steigt (Edgington et al., 1977; Edgington 1981; Barak et al., 1983 b; Briggs et al., 1983 a). Auch in den Lysimeterversuchen wurde beobachtet, daß unabhängig von Saattermin und Bodenfeuchteverlauf bei Beginn der Bestockung (21 bzw. 22 - 23) die Radioaktivitätsgehalte der Wurzeln merklich anstiegen (Tab. 9). Dieser Anstieg kann nicht mit einer größeren Wurzelmasse aufgrund der Entwicklung von Kronenwurzeln erklärt werden, denn Kronenwurzeln hatten sich in der frühen Bestockungsphase der Wintergerste (21 und 22 - 23) - wenn überhaupt - nur in Ansätzen gebildet.

Die Ausscheidung von Wirkstoff über die Wurzel steht möglicherweise in Zusammenhang mit einem geringeren Befall von Baytan-gebeizten Winterweizenbeständen mit der Schwarzbeinigkeit (*Gaeumannomyces graminis*) (Thielert, 1984). Bockus (1983), Bateman (1986) und Mathre et al. (1986) beobachteten eine 4 - 8 Wochen andauernde Wirkung von Triadimenol gegen diese Krankheit. In speziellen Versuchen unter Klimakammerbedingungen stellte Thielert (1984) Radioaktivitätsausscheidungen über die Wurzel von [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeiztem Winterweizen fest, die bei vergleichbarem Entwicklungsstadium der Pflanzen mit 7.5 - 9 % der applizierten Radioaktivität um den Faktor 5 - 6 höher lagen als der Maximalwert von 1.5 % der applizierten Radioaktivität in den eigenen Versuchen mit Wintergerste. Welche Faktoren für die

Diskrepanzen in der Höhe der Wirkstoffausscheidungen in den beiden Experimenten verantwortlich waren, ist bislang unbekannt. Möglicherweise trugen pflanzenspezifische Einflüsse zu den markanten Unterschieden bei. Wichtig für die Wirkung von Triadimenol gegenüber dem Erreger der Schwarzbeinigkeit ist neben der Höhe der Triadimenol-Exkretionen auch die Diastereomeren-Zusammensetzung der Ausscheidungen. In den Versuchen von Deas (1986) erwies sich das 1S, 2R-Enantiomer des Triadimenol A um den Faktor 1000 effektiver als das am wenigsten wirksame Enantiomer. Aus den eigenen Experimenten geht hervor, daß Wintergerstenpflanzen das Diastereomer A, womöglich aufgrund seiner geringeren Lipophilität, in stärkerem Maße basipetal verlagern als das Diastereomer B, welches in der Wurzel stärker sorbiert wird. Bei vergleichbaren Wirkstoffanteilen in den radioaktiven Ausscheidungen, lagen bei Ende des Nährlösungsversuchs die Verhältnisse von Triadimenol A : B bei ca. 4.5 : 1 (Tab. 31), im Sand-Versuch dagegen bei 7.6 : 1 (Versuchsansatz A) bzw. bei 6.9 : 1 (Versuchsansatz B) (s. 3.5.1.2).

4.5 Wirkstoffverhalten im Sproß

Aus den Autoradiographien in Abb. 25, 26 und 28 geht hervor, daß neben Spitzen- und Randbereichen der Blätter bereits in kleineren Transpirationszentren, wie z.B. dem Blatthäutchen, eine Anreicherung von Wirkstoff und/oder Metaboliten auftrat. In den basalen Bereichen des Blattes und in den Blattscheiden bewegte sich der Wirkstoff vorwiegend in den Leitbündeln. Im Stadium 21 (16 - 17 Tage nach Fröhsaat (STD)) konnte Radioaktivität sogar im epidermalen Apoplasten der Blattscheiden von Primärblättern lokalisiert werden (Abb. 25). Aufgrund des pseudoapoplastischen Transportverhaltens von Triadimenol ist ein Eindringen in den Symplasten zwar möglich (Buchenauer, 1979; Buchenauer et al., 1982 b), die Retentionszeiten und Translokationsraten (0 - 100 cm/h) sind dort aber so niedrig, daß der Wirkstoff mit dem erheblich schnelleren Transpirationsstrom (0 - 100 m/h) verlagert wird (Edgington et al., 1977; Edgington, 1981). Alle transpirationssteigernden Faktoren, wie z.B. die Sonneneinstrahlung, hohe Temperaturen und niedrige relative Luftfeuchten, verbessern damit die Aufnahme von Triadimenol und anderen systemischen Wirkstoffen (Shone et al., 1972; Leroux et al., 1975 a; 1975 b; Führ, 1978; Kalpana et al., 1979; Lüttge et al., 1979; Kalpana Sastry et al., 1981; Tischner, 1987). Während Leroux et al. (1975 a) eine Verdreifachung der Benomyl-Aufnahme bei Reduzierung der relativen Luftfeuchte von 82 auf 68 % feststellen konnte, fand Tischner (1987) zwar einen deutlichen Einfluß der Temperatur auf die Triadimenol-Aufnahme, jedoch keine signifikanten Auswirkungen der relativen Luftfeuchte. In den eigenen Arbeiten wurden hierzu keine detaillierten Untersuchungen angestellt. Ein genereller Effekt der Temperatur wurde allerdings insofern beobachtet, daß trotz kürzerer Entwicklungsdauer der Pflanzen die Radioaktivitätsaufnahmen nach der Fröhsaat höher lagen als nach der Spätsaat (Anhang-Tab.

8 und 15). Vermutlich hatte auch das starke Absinken der relativen Luftfeuchte auf weniger als 50 % am 24. Okt. 1985 (Abb. 19) während der Bestockung der TRO-Pflanzen (21 bis 22 - 23) in Verbindung mit einem kurzfristigen Temperaturanstieg (Abb. 19) einen wesentlichen Einfluß auf die Aufnahme rate, denn innerhalb von nur 3 Tagen wurden ca. 1 % der applizierten Radioaktivität in den Sproß verlagert. Davon wurde der überwiegende Anteil in das Primärblatt transloziert (Abb. 21), obwohl die Aufnahmen dort noch zuvor stagnierten. Ähnlich erfolgte in der frühen Bestockung der FEU-Pflanzen (21 bis 22 - 23) ein Aufnahmeschub überwiegend in das 2. Blatt (Abb. 21), obwohl auch hier im vorangegangenen Beobachtungszeitraum keine weiteren Einlagerungen mehr festgestellt worden waren. Diese Ergebnisse decken sich mit den Beobachtungen von Tischner (1987), wonach Triadimenol-Nachlieferungen vorwiegend in die beiden ältesten Blätter erfolgten. Wegen der bevorzugten Versorgung der ältesten Sproßorgane waren zur Bestockung (22 - 23) in der Regel noch mindestens 50 % der im Sproß befindlichen Radioaktivität im 1. Blatt anzutreffen (Tab. 10).

Wichtig für die Mehltauwirkung einer Baytan-Behandlung ist neben der Höhe der Triadimenol-Aufnahme in die einzelnen Blätter auch die Verteilung innerhalb des Blattgewebes, die Metabolisierungsrate und die Höhe möglicher Wirkstoffverluste. Durch Trockenstress wird die Transpirationsleistung der Pflanze (Mohr et al., 1978; Heß, 1981) und damit die Transportrate xylemmobiler Wirkstoffe reduziert. In Versuchen von Wyness et al. (1985) sank die Transpirationsrate von Erbsenpflanzen unter Trockenstress um 60 - 65 %. Auch bei Wasserüberschuß im Boden (FEU) kann es infolge eines schnell ansteigenden ABA-Spiegels in der Pflanze zum Schließen der Stomata (Zhang et al., 1987) und damit zu geringeren Transportraten kommen. Auch das Triadimenol selbst mindert die Transpiration und den Wasserverbrauch, so daß die Pflanzen Trockenperioden besser kompensieren können (Förster et al., 1980 c). Erhöhte ABA-Gehalte und Diffusionswiderstände der Blätter (Asare-Boamah et al., 1986; Lürssen, 1987) wurden nach Triadimefon- bzw. Triadimenol-Behandlungen beobachtet. Nach Matsuda et al. (1981) erfolgt zwischen Transpirationswasser und dem Wasser in den Mesophyllzellen ohnehin nur ein geringer Austausch. Da der Leitungswiderstand für einen Wassertransport im Xylem kleiner ist als im Mesophyll, soll das Gros des transpirierten Wassers innerhalb der Blattspreite durch die Leitungsbahnen transportiert werden. Damit werden die meisten Mesophyllzellen der Blattspreite nicht vom Transpirationswasser erreicht. In den Experimenten der Autoren war dies besonders unter Trockenstress der Fall, weil unter diesen Bedingungen der transpirationsbedingte Sog, der das Wasser aus dem Xylem durch das Mesophyll zu den Stomata zieht, wegen der geschlossenen Spaltöffnungen reduziert war. Da bei anhaltendem Wassermangel auch noch die kutikuläre Transpiration, die nur etwa 6 - 8 % der Gesamttranspiration ausmacht (Borgmann, 1983), um 30 - 50 % sinken kann (Svenningsson et al., 1986), ist für Wasser und darin gelösten Wirkstoff die

Sogwirkung aus dem Xylem in das Mesophyll noch weiter erniedrigt. Daher ist es denkbar, daß der TRO-Stress im Vergleich zu den STD- bzw. FEU-Verhältnissen den translaminaren Wirkstofftransport in den frühgesäten Wintergerstenpflanzen reduzierte, so daß ein verminderter Transfer von [^{14}C]Triadimenol aus dem Xylem in das Mesophyll stattfand. Je langsamer die Translokation im Xylem verläuft, desto größer ist daneben auch die Chance einer Bindung von Wirkstoff an Proteine und Lignin entlang dieser Transportbahn (Wallerstein et al., 1976; Barak et al., 1983 a; 1983 b). Mit einem $\log K_{\text{OW}}$ von 3.12 liegt Triadimenol, insbesondere das Triadimenol B ($\log K_{\text{OW}}$ 3.28), jenseits der intermediären Lipophilie ($\log K_{\text{OW}} \approx 2$), bei der eine Verlagerung im Xylem am schnellsten verläuft (Briggs et al., 1982).

Je geringer der Austausch zwischen Xylem und Mesophyllgewebe ist, desto geringer ist vermutlich auch der Wirkstoffübergang in die Epidermis, dem Infektionsort des echten Mehltaupilzes. Der enge physiologische Zusammenhang zwischen Mesophyll, Epidermis und dem Ektomycel des Getreidemehltaus wurde intensiv von Ibenthal et al. (1981), Ibenthal (1982 a; 1982 b) und Heitefuss et al. (1986) in Verbindung mit Veränderungen der Stoffwechsellage von Getreidepflanzen unter dem Einfluß von Methabenzthiazuron diskutiert. Ihre Untersuchungen des Aminosäure- und Kohlenhydrathaushaltes ergaben u. a. eine enge Abhängigkeit der Versorgung von Epidermis und Pilzmycel vom Mesophyllgewebe und dessen photosynthetischer Aktivität. Daher ist die Beurteilung der Triadimenol-Aufnahme unter verschiedenen Umweltbedingungen anhand der biologischen Wirkung der Baytan-Beizung ohne abschätzende Kenntnis des Wirkstoffaufenthaltes im Blattgewebe nur eingeschränkt möglich.

Makroautoradiographien ganzer Blätter oder Pflanzen geben auch nur einen groben Anhaltspunkt im Hinblick auf die Lokalisation von [^{14}C]Triadimenol und/oder [^{14}C]Metaboliten. Zum einen differenzieren sie nicht zwischen unverändertem Wirkstoff und seinen Metaboliten, zum anderen können hohe Wirkstoffkonzentrationen im apikalen Blattbereich bei starker Überstrahlung (Abb. 25 und 26) den Eindruck einer gleichmäßigen Radioaktivitätsverteilung erwecken. Darüberhinaus bleibt der [^{14}C]Triadimenol-Anteil in der Epidermis stets unbekannt. Die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen der Radioaktivität bzw. dem Wirkstoffgehalt im Blatt und der Mehltauwirkung einer Baytan-Behandlung kann demnach unter extremen Umweltbedingungen, wie sie z.B. in der TRO-Variante nach der Fröhsaat herrschten, irreführend sein (siehe auch 4.6).

Der Vergleich der unterschiedlichen Bodenfeuchteverhältnisse hinsichtlich ihres Einflusses auf die Metabolisierung von [^{14}C]Triadimenol in der Wintergerste ist nach der Fröhsaat nur bedingt möglich, weil die Pflanzen zwischen dem 2 - 3-Blatt-Stadium (12 - 13) und der Bestockung (22 - 23) unterschiedlich lange Entwicklungsabschnitte durchliefen und somit auch unter unterschiedlichen Witterungseinflüssen aufwuchsen. Auch ein Vergleich zwischen der Fröhs- und der Spätsaat ist schwierig, weil sich die beiden Saattermine nicht nur hinsichtlich der Witterung und Vegetationsdauer der

Wintergerste, sondern auch hinsichtlich der Stress-Reaktionen der Pflanzen auf die (zum Teil nur anfänglich) hohe (FEU) bzw. niedrige Bodenfeuchte (TRO) unterschieden. Die Wirkstoffbestimmung zu einem bestimmten Zeitpunkt kann immer nur eine Momentaufnahme sein, ohne die vorausgegangenen Verhältnisse zu erfassen. Diese setzen sich zusammen aus der Aufnahme von Triadimenol und Metaboliten, die in der Regel nicht kontinuierlich verläuft, der Umwandlung und Bindung des Wirkstoffes sowie möglicher Ausscheidungen. So ist der relative [^{14}C]Triadimenol-Gehalt von ca. 47 % (Anhang-Tab. 24; Abb. 29), der nach der Frühsaat noch zur Bestockung (22 - 23) im Primärblatt der trockengestressten Wintergerste (TRO) gefunden wurde, nur deshalb so hoch, weil kurz vor der Probenahme ein hoher Aufnahmeschub an ^{14}C -markierten Verbindungen erfolgte (Abb. 21). Tischner (1987) folgerte aus seinen Untersuchungen, daß steigende Temperaturen die Metabolisierungsrate von Triadimenol erhöhen. Die Reduktion von Triadimefon zu Triadimenol in der Pflanze verläuft ebenfalls temperaturabhängig (Kuck, 1987). Aus den oben genannten Gründen läßt sich aus den eigenen Daten eine Auswirkung der Temperatur auf die Geschwindigkeit der Metabolisierung nicht zweifelsfrei ablesen. Zur Bestockung (22 - 23) lagen jedoch die relativen Triadimenol-Gehalte im Sproß der FEU- und TRO-Pflanzen nach der Frühsaat nicht niedriger als nach der Spätsaat, obwohl die spätgesäte Wintergerste bis zum Erreichen dieses Entwicklungsstadiums etwa 2 - 3 mal mehr Zeit benötigte als die frühgesäte Wintergerste (Tab. 4). Dies könnte damit zusammenhängen, daß sich die Metabolisierung des [^{14}C]Triadimenol durch die niedrigeren Temperaturen nach der Spätsaat verlangsamte und/oder durch den Stresseinfluß der hohen (FEU) bzw. niedrigen (TRO) Bodenfeuchte nach der Frühsaat erhöhte. Da die relativen Triadimenol-Gehalte in den STD-Pflanzen bei Versuchsende (22 - 23), unabhängig vom Saattermin, höher lagen als in den FEU- und TRO-Pflanzen, kann ein metabolisierungssteigernder Effekt der im Freiland induzierten Stresssituationen (TRO, FEU) nicht ausgeschlossen werden, denn Pflanzen reagieren im allgemeinen auf Stress mit einem erhöhten Stoffwechsel (Börner, 1975 ; Hoffmann et al., 1976; 1983; Heß, 1981). Zusätzlich wurde unter den FEU-Bedingungen der metabolisierte Wirkstoffanteil nur in beschränktem Umfang durch eine Wirkstoffnachlieferung über die Wurzel aus dem Beizhof ersetzt, so daß hier die Metabolisierung in der Pflanze im Vergleich zur Nachlieferung von Triadimenol überwog.

Nach beiden Saatterminen erfolgte in den Pflanzen der FEU-Variante eine deutliche, in den Pflanzen der STD- und TRO-Variante dagegen nur nach der Spätsaat eine geringere Verengung des Diastereomeren-Verhältnisses zugunsten des Triadimenol B (Anhang-Tab. 23 und 25 - 27; Abb. 29 und 30). Stereoselektive Prozesse in der Pflanze scheiden als Ursache für diese Beobachtung aus, da sonst ähnliche Effekte auch bei geringeren Niederschlägen in der STD- und TRO-Variante nach der Frühsaat hätten auftreten müssen (Anhang-Tab. 22 und 24; Abb. 29 und 30). Als Erklärung kommen daher in Frage:

1. die Aufnahme von Wirkstoff mit einem bereits veränderten Diastereomeren-Verhältnis aus dem Boden und/oder
2. ein überproportionaler Austrag von Triadimenol A aus den Blättern.

Der Erklärungsansatz unter *Punkt 1* steht nur bedingt in Einklang mit den Beobachtungen zur Entwicklung der Diastereomeren-Verhältnisse im Beizhof. So hatte sich z.B. in der STD-Variante nach der Fröhsaat zwar die Diastereomeren-Zusammensetzung im Beizhof, nicht aber in den Pflanzen geändert. Da allerdings nur jeweils die Beizhöfe der ersten (10 - 11) und letzten Probenahme (22 - 23) untersucht wurden, läßt sich auch nicht genau feststellen, wann sich die Verhältnisse im Boden des STD-Lysimeters zugunsten des Triadimenol B geändert hatten (evtl. mit den vereinzelt Niederschlägen im Oktober, s. Abb. 19 A und 14 A) und ob diese Veränderungen noch eine Relevanz für die Wirkstoffgehalte in der Pflanze hatten. Nach der Spätsaat waren die Diastereomeren-Relationen im Beizhof der STD- und FEU-Variante schon 10 Tage nach der Saat zugunsten des Triadimenol B umgeschlagen. Leichte Veränderungen der Diastereomeren-Verhältnisse im Sproß der Wintergerste wurden aber in der STD-Variante erst bei der letzten Probenahme (22 -23) festgestellt. Die unterschiedlichen Befunde hinsichtlich der Diastereomeren-Verhältnisse in Pflanze und Boden könnten damit zusammenhängen, daß nach der hier vertretenen Auffassung die wesentlichen Aufnahmeprozesse an Korn und Sproßbasis stattgefunden haben. Danach konnte der Wirkstoff mit dem ursprünglichen Diastereomeren-Verhältnis (4 : 1) primär durch den direkten Kontakt zwischen Karyopse und Keimling oder nach begrenzter Diffusion in den Boden unmittelbar im Bereich der basalen Sproß- und Wurzelteile aufgenommen werden. Erst als sich die Beizhöfe infolge simulierter (FEU (I)) und/oder natürlicher Niederschläge (STD (II); FEU (II) TRO (II)) ausbreiteten und damit gleichzeitig das Wirkstoffangebot im Kornbereich sank, nahmen die Pflanzen in der Reihenfolge, in der auch der Wirkstoffabtrag vom Korn erfolgte (FEU >> STD > TRO; Tab. 15), [¹⁴C]Triadimenol mit den im Boden veränderten Diastereomeren-Verhältnissen über die Wurzel auf (Anhang-Tab. 23 und 25 - 27).

Darüberhinaus (*Punkt 2*) können einseitige Verluste von Triadimenol A über das Blatt ebenfalls zu einer Verengung des Diastereomeren-Verhältnisses beigetragen haben. Daß Netto-Verluste an markierten Verbindungen aufgetreten sind, geht aus Abb. 21 hervor. Diese erfolgten stets aus den Koeoptilen und den beiden ältesten Blättern. Die Abnahme der Radioaktivität im 3. Blatt der FEU-Pflanzen (Fröhsaat) während der Bestockung (21 bis 22 - 23) muß dagegen auf die Streuung innerhalb der Stichprobe zurückgeführt werden (Anhang-Tab. 12). Während in den Arbeiten von Thielert (1984), Steffens et al. (1986), Thielert et al. (1986) und Tischner (1987) Verluste in den älteren Sproßorganen auf eine zunehmende Verrottung des älteren Blattmaterials während der Wintermonate zurückgeführt wurden, kommt eine derartige Verlustquelle in den eigenen Versuchen aufgrund des kürzeren Entwicklungszeitraumes bzw. der ausschließlichen Vorwinterentwicklung nicht in Betracht. Vielmehr korrelieren diese

Radioaktivitätsabnahmen gut mit den Niederschlagsereignissen während der Pflanzenentwicklung (Abb. 19 A). Sehr deutlich wird dies bei den Koleoptilen von frühgesäter Wintergerste, die der Beregnung (FEU) ausgesetzt waren. Hier fiel der Radioaktivitätsgehalt während der Beregnungsperiode drastisch ab und blieb anschließend auf niedrigem Niveau, weil der Wirkstoff von Karyopse und Sproßbasis in den Umgebungsboden verlagert wurde (Abb. 21). In die Koleoptilen der TRO-Pflanzen wurden dagegen noch bis etwa zum 3-Blatt-Stadium steigende Mengen an Radioaktivität eingelagert.

Nach der Spätsaat wurden mit den Herbstniederschlägen, die nach der 2. Probenahme (11 - 12) nahezu täglich fielen, auch vermehrt radioaktive Substanzen aus Koleoptilen, Primärblättern und 2. Blättern ausgetragen. Die Pflanzen, deren Wirkstoff noch weitgehend um das Korn konzentriert war (STD, TRO; Tab. 15), konnten die Verluste noch bis zum Eintritt in die Bestockung (21) durch höhere Aufnahmeraten kompensieren. In den Pflanzen der FEU-Variante war dagegen der frühzeitige Triadimenol-Abtrag vom Korn und die starke Verdünnung im Beizhof dafür verantwortlich, daß im 1. Blatt bereits nach dem Stadium 12 - 13 nur noch eine Netto-Radioaktivitätsabnahme stattfand. Auch die Verluste im 2. Blatt, die während der Bestockung (21 bis 22 - 23) auftraten, konnten nicht mehr durch Radioaktivitätsaufnahmen aus dem Beizhof über die Wurzeln ausgeglichen werden.

Nach Crowdy (1970; 1977) können Wirkstoffe aus dem Blatt in Form von "leaching"-Prozessen ausgewaschen werden. Die Kutin-Matrix der Kutikula ist für Wasser permeabel. Der Durchtritt hängt von der Dichte der darin befindlichen Wachsplättchen ab. Ektodesmen, die in die Kutikula hineinreichen und die Verbindung zwischen der Blattoberfläche und den Protoplasten epidermaler Zellen darstellen, sind darüberhinaus nachweislich Orte von Wasserverlusten (Crowdy, 1977; Marschner, 1986). Sogar Tau und Nebel können Auswaschverluste von Nährstoffen und organischen Verbindungen verursachen. Nach Stress, z.B. durch Wassermangel oder hohe Temperaturen, aber auch mit dem Alter der Blätter erhöht sich die "leaching"-Rate. Vermutlich begünstigte auch der Habitus der Getreidepflanze die bevorzugte Auswaschung von Radioaktivität aus den älteren Blättern. Diese neigen sich im Verlauf der Entwicklung, so daß sie den Niederschlägen stärker ausgesetzt sind als die aufrechtstehenden jüngeren Sproßorgane. Die Blattoberfläche über vaskulärem Gewebe sowie die Stomata sind bevorzugte Orte einer Wirkstoffaufnahme über das Blatt (Stevens et al., 1987) und somit vermutlich auch einer Wirkstoffabgabe. Pring (1986) nimmt an, daß Triadimefon bzw. Triadimenol, infolge des Transportes mit dem Transpirationsstrom, in unmittelbarer Nähe der Stomata akkumuliert wird. Aus solchen Akkumulationszentren ist nicht nur ein "leaching", sondern auch ein gasförmiger Verlust denkbar. Infolge der hohen Gasphasenaktivität von Triadimefon bzw. Triadimenol (Scheinpflug et al., 1977; Schlüter, 1977; Clark et al., 1978) und der Temperaturabhängigkeit des Dampfdruckes könnten sich an trockenen, warmen Tagen

erhöhte Wirkstoffverluste durch Verflüchtigung ergeben. Da sich im Laufe des Transportes im Blattgewebe das Triadimenol B aufgrund seiner stärkeren Lipophilie zu den Randbezirken des Blattes hin anreichert (Barak et al., 1983 a; 1983 b; Kuck, zit. in Thielert, 1984) müssen alle Verlustvorgänge, die an der Blattperipherie stattfinden, den Anteil an Triadimenol A quantitativ stärker reduzieren.

Darüberhinaus konnte der Nachweis erbracht werden (Versuch 3), daß Triadimenol aktiv mit der Guttation aus der Pflanze ausgeschieden werden kann. Die isolierten Schwärzungen an den Blattspitzen auf den Autoradiographien von Keimpflanzen (10 - 11) (Abb. 25) gehen daher wahrscheinlich auf eine guttationsbedingte Verlagerung von radioaktiven Verbindungen zurück. Die durchschnittlichen ^{14}C -Gehalte der Guttationstropfen korrelieren recht gut mit den Radioaktivitätsgehalten im Sproß. Auch Leroux et al. (1975 a) geben an, daß mit steigender Konzentration von Benomyl im Blattgewebe von Gerstenpflanzen die Konzentration in den Guttationstropfen anstieg. Bezogen auf die Radioaktivität, die im 1-Blatt-Stadium (11) in den guttierenden Pflanzen gemessen wurde (ca. 1.1 bzw. 1.6 % der applizierten Radioaktivität; Tab. 27), gelangten durchschnittlich etwa 4 - 6 % der aufgenommenen ^{14}C -Menge mit einem einzigen Guttationstropfen wieder aus der Pflanze heraus. Das weite Diastereomeren-Verhältnis von 11 (A) : 1 (B) in den Ausscheidungen entspricht den Vorstellungen, daß die Translokationsrate einer nicht-ionisierten Verbindung im Xylem mit zunehmender Entfernung vom optimalen $\log K_{OW} \approx 2$ abnimmt (Briggs et al., 1982). Die Gesamtmenge an Radioaktivität, die täglich mit der Guttation aus der Pflanze gelangte, wurde nicht festgestellt. Jedoch wird die Höhe der Ausscheidungen, bei gegebenem Wirkstoffgehalt in der Pflanze, im wesentlichen von der austretenden Flüssigkeitsmenge abhängen, die über die Wurzel aus dem Boden aufgenommen und in die Pflanze transportiert wird. Der Volumenfluß dieser Exsudation nimmt nach Marschner (1986) mit steigender Wurzeltemperatur zu.

4.6 Mehltaubefall

Nach der Spätsaat wurde durch die Triadimenol-Beizung ein Mehltauschutz von ca. 1 Monat beobachtet. Unabhängig von den Feuchteverhältnissen im Boden setzte etwa zum 2 - 3-Blatt-Stadium (12 - 13) der Befall an den apikalen Hälften der Primärblätter ein. Die Triadimenol-Konzentrationen¹⁾ im Primärblatt lagen in dieser Wachstumsphase im Bereich von 1.4 (TRO) - 1.6 mg/kg FM (FEU) und damit um etwa den Faktor 3 höher als die von Kuck (zit. in Thielert, 1984) angegebene Grenzkonzentration für eine Mehltaubekämpfung.

¹⁾ Produkt aus Konzentration an Wirkstoffäquivalenten (Anhang-Tab. 10 und 17) und relativem [^{14}C]Triadimenol-Gehalt (Anhang-Tab. 22 - 27)

Überraschend war nach der Frühsaat der frühe Befall der Wintergerste unter Trockenstress (TRO). Wie nach der Spätsaat erfolgte die Infektion auch hier etwa im 2 - 3-Blatt-Stadium (12 - 13), ca. 15 Tage nach der Saat. Die Wirkstoffkonzentrationen im 1. Blatt (ca. 1.4 mg/kg FM) entsprachen in etwa den Werten der spätgesäten Wintergerste. Damit lagen sie sogar leicht über den Konzentrationswerten der ebenfalls frühgesäten STD- und FEU-Pflanzen und dennoch setzte der Mehltaubefall bei geringem Wassergehalt im Boden eher ein als in den STD- und FEU-Varianten. Wie bereits oben erwähnt, waren nach der Frühsaat nicht nur die Lufttemperaturen hoch, sondern auch die Bodentemperaturen waren unter den TRO-Bedingungen höher als unter den beiden anderen Bodenfeuchteverhältnissen (Abb. 16). Aus Untersuchungen von Edgington et al. (1978), Martin et al. (1980), Rawlinson et al. (1982) und Falloon (1988) ist bekannt, daß die Wirkung von Triadimefon bzw. Triadimenol gegen Gerstenmehltau und *Ustilago*-Arten bei höheren Luft- bzw. Bodentemperaturen im Vergleich zu niedrigeren Temperaturen abfallen kann. Cytologische Untersuchungen von Smolka et al. (1983; 1986) zeigten, daß Triadimenol möglicherweise auch indirekt auf den Wirt-Parasit-Komplex Gerste-echter Mehltau wirkt, indem es die Abwehrreaktionen der Pflanze (z.B. Kallose-Ablagerungen um die Haustorien) stimuliert. Da solche Reaktionen wahrscheinlich in Abhängigkeit von der pflanzlichen Konstitution und damit unter dem Einfluß der Umweltfaktoren ablaufen, ist es denkbar, daß wirkstoffbedingte Stimulationseffekte unter Stress-Bedingungen (TRO) als Folge einer veränderten Reaktionslage der Pflanzen geringer ausfallen als unter 'moderaten' (STD) Verhältnissen.

Hohe Temperaturen und Wasserstress können auch die Prädisposition der Pflanze gegenüber einem Befall mit Pathogenen steigern (Ikechukwu Umechuruba et al., 1986; Oerke et al., 1986). So lag der Mehltaubefall von Gerstenpflanzen unter optimalen Lichtverhältnissen und bei Temperaturen von 28 °C am Tag und 23 °C bei Nacht im Vergleich zur Kontrolle (14 °C/11 °C) mehr als doppelt so hoch (Oerke et al., 1986).

Darüberhinaus fand Yarwood (1949; 1959) in Untersuchungen mit echten Mehltaupilzen, daß sich die Pathogene auf verschiedenen Wirtspflanzen bei geringer Wassersättigung des Bodens besser entwickelten als bei hoher Wassersättigung. Ayres (1977), Ayres et al. (1980) und Wyness et al. (1985; 1987) untersuchten die Auswirkungen von Trockenstress auf das Verhalten von echtem Mehltau an Erbse (*Erysiphe pisi*) und Gerste (*Erysiphe graminis*). Auf trockengestressten Pflanzen wurden zwar weniger, aber energiereichere und damit infektionstüchtigere Konidien produziert. Im Falle des Gerstenmehltaus besaßen solche Konidien gegenüber Wirtspflanzen unter Wassermangel eine größere Infektiosität im Vergleich zu Wirtspflanzen, die bei ausreichender Wasserversorgung wuchsen (Ayres et al., 1980).

Schließlich könnte an der zum Teil verkürzten Mehltauwirkung in den Lysimeterversuchen im Freiland (Versuch 1) auch noch eine verringerte Sensitivität des Erregers

beteiligt gewesen sein. Da in der Lysimeteranlage des Institutes für Radioagronomie oftmals Winter- und Sommergetreide nebeneinander in unabhängigen Versuchen angebaut und nach landwirtschaftlicher Praxis seit Jahren mit Triazol-Fungiziden behandelt werden, ist der Selektionsdruck hier für den Mehltau bedeutend größer als in der landwirtschaftlichen Praxis. Darüberhinaus fand Limpert (1987) nach Auswertung seiner Sporenfänge aus dem Jahre 1985, dem eigenen Versuchsjahr, daß in dem Großraum Meckenheim - Aachen, in dem sich auch die Lysimeteranlage befindet, mehr als 70 % der untersuchten Einzelpustelisolat des Mehltau im Vergleich zu sensitiven Standardisolaten gegenüber Triadimenol Resistenzgrade > 40 aufwiesen. Auf der Basis der Daten von Steffens et al. (1981, zit. in Limpert, 1987) kommt er zu dem Schluß, daß bei einem Resistenzgrad ≥ 40 keinerlei Schutzwirkung von einer Beizung mit Triadimenol erwartet werden darf. Die eigenen Untersuchungen zeigen jedoch, daß die Blattfläche nach beiden Saatterminen mindestens bis zum 2 - 3-Blatt-Stadium (12 - 13) befallsfrei blieb. Die entwicklungsbezogene Wirkungsdauer war damit etwa so lang wie in den Versuchen von Tischner (1987) nach künstlicher Inokulation von Freiland-Gerstenbeständen mit weniger sensitiven Mehltauisolaten. Unerwartet war in den eigenen Versuchen allerdings das bevorzugte Auftreten der Mehltauinfektionen im apikalen Blattbereich, weil dort generell größere Anteile des gegenüber Mehltau um den Faktor 10 fungitoxischeren Triadimenol A (Krämer et al., 1979; Buchenauer et al., 1982 a) akkumuliert werden. Fuchs et al. (1984) konnten zeigen, daß mit zunehmender Triadimenol-Resistenz von *Cladosporium cucumerinum*-Stämmen die Resistenz gegenüber dem Triadimenol-Diastereomer A im Vergleich zum Diastereomer B überproportional anstieg. Darüberhinaus stellten Wolfe et al. (1973, zit. in Wolfe et al., 1983) und Wolfe et al. (1983) fest, daß beim Gerstenmehltau eine reduzierte Sensitivität gegenüber Triazolen mit der Pathogenität gegenüber Sorten mit dem Resistenzfaktor Mla6 gekoppelt ist. Ähnliches wird für die Ethirimol-Unempfindlichkeit von Gerstenmehltau und Wintergerstensorten mit dem Resistenzfaktor Mla12 berichtet. Den Untersuchungen von Schwarzbach et al. (1981) über die Mehltau-Resistenzfaktoren im Gerstensortiment der Bundesrepublik (BRD) kann man entnehmen, daß die in den eigenen Versuchen eingesetzte Sorte 'Vogelsanger Gold' das Resistenzgen Mla6 trägt.

Da in den eigenen Versuchen keine detaillierten Untersuchungen zum Komplex des Sensitivitätsverhaltens des Gerstenmehltaus angestellt wurden, können aus den Beobachtungen im Lysimeterversuch (Versuch 1) auch keine diesbezüglichen Aussagen getroffen werden. Obst (1984) weist daraufhin, daß die schlechte Wirkung einer Behandlung nicht als schlüssiger Beweis der Resistenz eines Erregers anzusehen ist. In diesem Zusammenhang fanden Schulz et al. (1986), daß die Bayleton-Sensitivität einer Mehltau-Population im Verlauf einer Vegetationsperiode auch natürlichen Schwankungen unterliegt.

4.7 Schlußbetrachtung

Insgesamt ist den Ergebnissen der hier vorgestellten Untersuchungen zu entnehmen, daß eine möglichst lange Retention des fungiziden Wirkstoffes Triadimenol am Korn die Chance einer Nachlieferung in den Sproß von Getreidepflanzen bis zum Beginn der Bestockung verlängert. Zwar ist die Verfügbarkeit des Wirkstoffes im Beizhof als gut einzustufen, jedoch herrscht in der frühen vegetativen Entwicklung der Keimpflanzen eine mangelnde räumlich-zeitliche Koinzidenz zwischen Wurzeln und Wirkstoffangebot im Boden des Beizhofes. Einerseits kann Triadimenol nach niederschlagsbedingter Verdünnung im Boden wegen der anfangs noch geringen Durchwurzelung des Beizhofes nur unzureichend erschlossen werden. Andererseits wachsen die Wurzeln bei nur geringer Ausdehnung des Beizhofes, z.B. infolge von Trockenheit, sehr schnell aus diesem heraus. Dies bedeutet, daß die Vorgänge im Kornbereich für die frühe Wirkstoffaufnahme von entscheidender Bedeutung sind.

Das gebeizte Korn stellt zwar die Wirkstoffquelle dar, jedoch deuten die Ergebnisse darauf hin, daß die Aufnahme von Triadimenol mit den Endospermreserven nicht die überragende Rolle für die frühe Wirkstoffaufnahme spielt, wie bisher angenommen wurde. Dagegen scheinen Sproß- und Wurzelbasis zur Aufnahme höherer Wirkstoffmengen befähigt zu sein, so daß sie wesentlich zur Triadimenol-Versorgung der Pflanze bis zur frühen Bestockung beitragen. Diese Wirkstoffaufnahme funktioniert möglicherweise weitgehend unabhängig von einer Wasseraufnahme.

Mit einer Wirkstoffaufnahme über das Korn ist auch eine Abgabe von Triadimenol über die Wurzel verbunden. Möglicherweise ist die *Gaeumannomyces*-Wirkung von Baytan ursächlich auf diese Ausscheidung zurückzuführen.

Abgesehen vom Auftreten weniger sensibler Erregerstämme, kann unter bestimmten klimatischen Bedingungen die Mehltau-Wirkung der Beizung trotz vergleichsweise guter Aufnahmen unbefriedigend ausfallen. Die Auswirkungen von Umweltbedingungen auf das Verhalten von Wirt, Pathogen und die Interaktionen zwischen beiden sind nur unzureichend bekannt. Extreme Witterungsverhältnisse wie hohe Temperaturen und/oder Wassermangel können wahrscheinlich die Translokation und Metabolisierung von Triadimenol in der Pflanze im Hinblick auf eine Mehltaubekämpfung negativ beeinflussen. Besonders zum Fragenkomplex der translaminaren Wirkstoffverteilung im Blattgewebe und dem diesbezüglich interaktiven Zusammenwirken von Xylem, Mesophyll und Epidermis liegen keine vergleichenden Informationen vor. Da sich solche Vorgänge jedoch unter gegebenen Standortbedingungen einer Manipulation von außen entziehen, sind diesbezügliche Untersuchungen zunächst von wissenschaftlich-theoretischem Interesse. Ein Ansatzpunkt für die Optimierung der Baytan-Formulierung sollte die verbesserte Wirkstoffhaftung am Korn sein, so daß die Verweildauer von Triadimenol im Kornbereich insgesamt verlängert wird. Darüberhinaus bleibt die Forderung nach möglichst homogen gebeiztem Saatgut ein wichtiges Ziel in der Optimierung der Applikationstechnik.

5 Zusammenfassung

Wintergerstensaatzgut der Sorte "Vogelsanger Gold" wurde nach Beizung mit [benzolring-U- ^{14}C]Triadimenol in der Formulierung als [^{14}C]Baytan 075 FS und [^{14}C]Baytan 25 DS zu einem frühen (19. Sept. 1985 = I) und einem späten Termin (10. Okt. 1985 = II) in insgesamt 7 Lysimetern ausgesät. Die FS-gebeizte Wintergerste wuchs nach beiden Saatterminen unter 3 verschiedenen Bodenfeuchteverhältnissen. Die Radioaktivitäts- und Wirkstoffgehalte in Pflanze und Boden wurden in Abhängigkeit von geringen (TROCKEN = TRO), hohen (FEUCHT = FEU, 100 mm Beregnung) und natürlichen Niederschlägen nach der Saat (STANDARD = STD) bis zur Bestockung erfaßt. In zwei weiteren Lysimetern, einem Gefäßversuch sowie Experimenten in der Klimakammer wurden quantitative und qualitative Detailfragen zur Radioaktivitätsaufnahme über Korn und Wurzel untersucht.

Freilandlysimeterversuch (Versuch 1)

1. Die Beizung von Wintergerstensaatzgut mit [^{14}C]Baytan 075 FS ergab in der behandelten Saatgutpartie eine asymmetrische, d.h. rechtsschiefe Häufigkeitsverteilung der [^{14}C]Triadimenol-Gehalte/Korn. Diese glich in erster Näherung einer log-Normalverteilung. Dagegen war die Einzelkornbeladung mit [^{14}C]Triadimenol nach Beizung mit [^{14}C]Baytan 25 DS homogener und entsprach einer Normalverteilung.
2. Zwischen [^{14}C]Baytan 075 FS- und [^{14}C]Baytan 25 DS-gebeizter Wintergerste ergaben sich keine systematischen Unterschiede in der Radioaktivitätsaufnahme.
3. Nach der Frühsaat war die Entwicklung der Wintergerste bei hoher (FEU) und niedriger Bodenfeuchte (TRO) erheblich retardiert. Nach der Spätsaat verlief das Pflanzenwachstum 2 - 3mal langsamer als nach der Frühsaat, jedoch gab es hier keine Entwicklungsunterschiede zwischen den 3 Bodenfeuchteverhältnissen.
4. Trotz geringerer Bodenfeuchte enthielten die Pflanzen in der TRO-Variante bei der Bestockung (22 - 23) sowohl nach der Frühsaat (5.2 %) als auch nach der Spätsaat (3.2 %) gleich große Gesamtmengen an Radioaktivität wie die Pflanzen in der STD-Variante unter den natürlichen Niederschlagsverhältnissen (4.9 % (I) bzw. 3.5 % (II) der applizierten Radioaktivität). Nach simulierten Niederschlägen (FEU) verfügte die Wintergerste dagegen mit 3.1 % (I) und 1.8 % (II) der applizierten Radioaktivität nach beiden Saatterminen über deutlich geringere ^{14}C -Mengen im Sproß. Unabhängig von den Niederschlagsverhältnissen enthielten die Primärblätter der Wintergerste zur Bestockung (22 - 23) mit 43 - 69 % der Gesamtradioaktivität im Sproß stets die höchsten Anteile an ^{14}C -markierten Verbindungen. Die 3 ältesten Blätter verfügten zusammen über 80 - 90 % der insgesamt aufgenommenen und translozierten Radioaktivität.

5. Eine stärkere Radioaktivitätsnachlieferung aus Beizhöfen von Nachbarpflanzen innerhalb der Saatreihe erfolgte nur nach simulierten Niederschlägen (FEU). Sie betrug bei der Bestockung (22 - 23) nach der Frühsaat maximal 12 %, nach der Spätsaat maximal 6 % der insgesamt in den Sproß der FEU-Pflanzen translozierten ^{14}C -Menge.

6. Nach beiden Saatterminen wurden im Stadium der Bestockung (22 - 23) zwischen den 3 Bodenfeuchtevarianten Unterschiede im relativen Gehalt an [^{14}C]Triadimenol im Gesamtsproß der Wintergerste festgestellt. Von der Radioaktivität in den STD-Pflanzen waren nach der Frühsaat noch etwa 64 % und nach der Spätsaat noch etwa 48 % als Wirkstoff nachzuweisen. Nach simulierten Niederschlägen (FEU) wurden dagegen nur ca. 25 (I) bzw. 32 % (II), nach geringen Niederschlägen (TRO) ca. 47 (I) bzw. 40 % (II) der Radioaktivität im Sproß als [^{14}C]Triadimenol identifiziert. Unabhängig vom Saattermin lagen die Wirkstoffkonzentrationen im Gesamtsproß der STD- und TRO-Pflanzen zur Bestockung (22 - 23) bei 0.4 - 0.5 mg/kg Frischmasse, in den FEU-Pflanzen dagegen nur bei ca. 0.1 - 0.2 mg/kg Frischmasse. Nach hohen Niederschlägen veränderte sich das Verhältnis der [^{14}C]Triadimenol-Diastereomere A und B in den Blättern der Wintergerste zugunsten des [^{14}C]Triadimenol B.

7. Obwohl im 2 - 3-Blatt-Stadium (12 - 13), 15 Tage nach Frühsaat, die Konzentrationen an Wirkstoffäquivalenten im Primärblatt der TRO-Pflanzen (ca. 1.8 mg/kg FM) vergleichbar oder sogar höher lagen als in den FEU- (ca. 1.7 mg/kg FM) bzw. STD-Pflanzen (ca. 1.2 mg/kg FM), wurde an den TRO-Pflanzen bereits um diesen Zeitpunkt eine natürliche Mehltau-Infektion beobachtet. An den FEU- und STD-Pflanzen wurden die ersten Symptome etwa 5 Tage später festgestellt. Aufgrund der schnelleren Entwicklung befanden sich die STD-Pflanzen bereits in der Bestockung (21 bis 22 - 23), die FEU-Pflanzen dagegen erst zwischen dem Stadium 12 - 13 und 21.

8. Zwischen Aussaat und Feldaufgang (10 - 11) waren, unabhängig vom Formulierungstyp, bereits 50 - 80 % des mit der Beizung applizierten [^{14}C]Triadimenol von den Karyopsen in den Umgebungsboden übergegangen. Der Abtrag von radioaktiven Verbindungen korrelierte mit der Höhe der Niederschläge nach der Saat. Infolge der simulierten Niederschläge (FEU) nahm der Radioaktivitätsgehalt der Karyopsen in den ersten Tagen nach dem Auflaufen der frühgesäten Wintergerste (10 - 11 bis 11 - 12) von ca. 31 % auf 10 % und im gleichen Entwicklungsabschnitt nach der Spätsaat von ca. 41 auf 7 % der applizierten Radioaktivität ab. Unabhängig vom Saattermin waren bei Versuchsende (22 - 23) in der FEU-Variante nur noch etwa 1 - 3 % der applizierten Radioaktivität auf bzw. in den Karyopsen nachweisbar.

9. Unabhängig vom Saattermin blieb unter STD- und TRO-Verhältnissen zwischen Feldaufgang (10 - 11) und 1 - 2-Blatt-Stadium (11 - 12) die relative ^{14}C -Verteilung zwischen einzelnen "Kompartimenten" der Karyopsen (Kornoberfläche, Spelze, Pericarp/Testa sowie Endosperm) konstant. Dieses Verteilungsgleichgewicht wurde

dagegen nach simulierten Niederschlägen (FEU) durch den raschen Radioaktivitätsabtrag von den Karyopsen verändert. Unabhängig vom Saattermin und den Niederschlagsverhältnissen beliefen sich die Radioaktivitätsgehalte im Endosperm auf ca. 1 - 2 % der applizierten Radioaktivität. In einem Fall (FEU, II) wurden 3 % der applizierten Radioaktivität gemessen. Im Mittel der 3 Bodenfeuchtevarianten und der beiden Saattermine waren im Stadium 10 - 11 nur etwa 58 % und im Stadium 11 - 12 nur etwa 65 % der Radioaktivität im Endosperm als [^{14}C]Triadimenol nachzuweisen. Der Rest der ^{14}C -Aktivität lag größtenteils in Form wasserlöslicher Metabolite vor.

10. Zwischen 15 und 31 % der Radioaktivität aus Bodenproben von Beizhöfen wurden mit aqua dest. desorbiert. Wurde diese Desorption 10mal wiederholt, ließen sich in der STD- und FEU-Variante kurz nach Feldaufgang (10 - 11), 5 - 6 Tage nach der Frühsaat, noch knapp 70 % der Radioaktivität aus den Bodenproben der Beizhöfe in Lösung bringen. Aus kleineren Beizhöfen mit höheren Wirkstoffkonzentrationen wurde relativ mehr ^{14}C -Aktivität desorbiert als aus größeren Beizhöfen mit verdünnter Wirkstoffkonzentration.

Die Diastereomeren-Verhältnisse in den Desorptionslösungen (1. Desorptionsschritt) der Beizhöfe entsprachen zu keinem Zeitpunkt der Relation von 4 (A) : 1 (B) im Ausgangswirkstoff, sondern lagen zwischen 0.7 : 1 und 3.3 : 1. Unabhängig von Saattermin und Probenahme waren unter TRO-Verhältnissen stets mehr Triadimenol A- als Triadimenol B-Anteile nachweisbar. Noch bei Versuchsende (22 - 23) lagen die Diastereomeren-Relationen hier bei ca. 2.5 : 1 (I) bzw. 1.9 : 1 (II). Dagegen wurde in der STD- und FEU-Variante schon 10 Tage nach der Spätsaat (10 - 11) mehr Triadimenol B als Triadimenol A aus den Beizhöfen in den Desorptionslösungen erfaßt. Bei Versuchsende lagen die Verhältnisse nur noch bei ca. 0.6 : 1 (STD (I)) und 0.8 : 1 (FEU (I)) bzw. bei 0.9 : 1 (STD (II)) und 0.7 : 1 (FEU (II)). Wirkstoffanalysen des 1., 2. und 5. Desorptionsschrittes von Bodenproben aus der frühgesäten STD-Variante zeigten, daß bereits im Verlaufe der unmittelbar aufeinanderfolgenden Desorptionsgänge der Anteil des Diastereomers A zugunsten wasserlöslicher Radioaktivität abnahm. Der Anteil des Diastereomers B blieb dagegen konstant.

Detailversuche

11. In einem Versuch in Kick-Brauckmann-Gefäßen (Versuch 4) wurde [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerste vergleichend mit dem Lysimeterversuch 1 (Frühsaat) im Freiland ausgesät. Der durch Evapotranspiration entstandene Wasserverlust wurde zum Teil durch Gießen von oben ergänzt, so daß zeitweise eine abwärtsgerichtete Wasserbewegung stattfand. Sowohl der Verlauf als auch die Höhe der Radioaktivitätsaufnahme in den Sproß der Wintergerste stimmte weitgehend mit den Ergebnissen der FEU-Variante des Lysimeterversuchs überein.

12. In zwei komplementären Versuchen (Versuch 2 und 3) wurde die Radioaktivitätsaufnahme über Korn und Wurzel quantitativ erfaßt.

Eine Entfernung der Karyopsen kurz nach dem Auflaufen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste (10 - 11, 12 Tage nach der Saat) führte dazu, daß die Keimpflanzen im 1-Blatt-Stadium (11), 28 Tage nach der Saat, signifikant geringere Sproß-Frischmassen und Radioaktivitätsgehalte (1.1 %) im Vergleich zu Kontrollpflanzen mit Karyopse (1.6 % der applizierten Radioaktivität) aufwiesen. Bezogen auf die Sproß-Frischmasse waren die Unterschiede in der Radioaktivitätsaufnahme jedoch nicht signifikant. Eine spätere Sektion der Karyopsen brachte hinsichtlich der Sproßgewichte und Radioaktivitätsgehalte keine gesicherten Unterschiede zwischen Pflanzen mit und ohne Karyopsen.

Die ausschließlich aus dem eigenen Beizhof erfolgende ^{14}C -Aufnahme über die Wurzel trug bis zur Bestockung (21) nur knapp 23 % zur Gesamtaufnahme an Radioaktivität (2.5 % der applizierten Radioaktivität) in den Sproß der Wintergerste bei. Wurden dagegen aus dem Beizhof zusätzlich radioaktive Verbindungen über die Karyopse sowie über basale Sproß- und Wurzelteile aufgenommen, dann gelangten über diese Pfade ca. 54 % der gesamten ^{14}C -Aufnahme in die Pflanzen.

13. Mit einem einzigen Guttationstropfen wurden im 1-Blatt-Stadium (11) etwa 4 - 6 % der zu diesem Zeitpunkt im Sproß befindlichen Radioaktivität ausgeschieden. Ca. 4/5 repräsentierten [^{14}C]Triadimenol mit einem Diastereomeren-Verhältnis A : B von 11 : 1.

14. In Klimakammerversuchen (Versuch 5) wurde gezeigt, daß Radioaktivität aus der [^{14}C]Baytan 075 FS-Beizung über das Korn in den Sproß aufgenommen und auch nach basipetaler Translokation über die Wurzel ausgeschieden werden kann.

Bei Anzucht der Wintergerste in Nährlösung belief sich die Radioaktivitätsaufnahme in den Sproß bis zur Bestockung (21) auf 1.7 %, bei Anzucht in Sand bzw. Boden auf maximal 2.3 % bzw. 1.6 % der applizierten Radioaktivität (Versuchsansatz A). Wenn eine Aufnahme über basale Sproß- und Wurzelteile nicht möglich war (Versuchsansatz B), sank die Radioaktivitätsaufnahme bei Anzucht der Wintergerste in Sand auf ca. 0.8 % bzw. bei Anzucht in Boden auf ca. 1.0 % der applizierten Radioaktivität.

Bei Anzucht der Wintergerste in Nährlösung wurden bis zur Bestockung (21) insgesamt ca. 1.5 % der applizierten Radioaktivität basipetal verlagert und überwiegend in die Nährlösung abgegeben. Ca. 80 % der Gesamtexkretion schieden die Pflanzen schon bis zum 1-Blatt-Stadium (11) aus. Bei Anzucht der Wintergerste in Sand bzw. Boden wurden, unabhängig von einer möglichen ^{14}C -Aufnahme über basale Sproß- und Wurzelteile (Versuchsansatz A bzw. B), nur durchschnittlich etwa 0.2 - 0.3 % der applizierten Radioaktivität basipetal transloziert, so daß sich damit nur knapp 1/3 der in den Sproß verlagerten ^{14}C -Menge in Wurzeln und im Wurzelraum befanden.

Mit zunehmendem Wachstum der Wintergerste verringerte sich der Wirkstoffanteil in der abgegebenen Radioaktivität, jedoch wurden zur Bestockung in der Nährlösung

und im Sand noch mehr als 70 % der Dichlormethan-löslichen ^{14}C -Aktivität als [^{14}C]Triadimenol identifiziert.

15. Anhand einer autoradiographischen Zeitreihe wurde die Radioaktivitätsaufnahme in bzw. über [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Karyopsen verfolgt (Versuch 6). Innerhalb von 24 Stunden nach Keimungsbeginn hatten Embryo und Scutellum ^{14}C -Aktivität aufgenommen. Die Testa verhinderte ein rasches Eindringen von ^{14}C -markierten Verbindungen in das Korninnere, so daß die Wirkstoffaufnahme in das Stärkeendosperm der Wasseraufnahme zeitverzögert folgte. Noch nach 72 Stunden waren nur Spuren an Radioaktivität im Endosperm zu erkennen. Die ^{14}C -markierten Verbindungen drangen bevorzugt an der Berührungsstelle zwischen Scutellumbasis und Bauchfurche in das Stärkeendosperm ein. In späteren Entwicklungsstadien der Pflanzen (11 und 12) wurde Radioaktivität zwar im gesamten Stärkeendosperm gefunden, jedoch erfolgte eine relative ^{14}C -Anreicherung in Pericarp/Testa und Aleurongewebe.

6 Literaturverzeichnis

ALLENMARK, S., BOMGREN, B. und BORÉN, H. (1986): Enantioselective microbial degradation of some racemates studied by chiral liquid chromatography. *Enzyme Microb. Technol.* 8.

ASARE-BOAMAH, N.K., HOFSTRA, G., FLETCHER, R.A., und DUMBROFF, E.B. (1986): Triadimefon protects bean plants from water stress through its effects on abscisic acid. *Plant Cell Physiol.* 27, 383 - 390.

AXCELL, B., JANKOVSKY, D. und MORRALL, P. (1983): Steeping - The crucial factor in determining malt quality. *Brewers Digest* 58, 1 - 8.

AYRES, P.G. (1977): Effect of water potential of pea leaves on spore production by *Erysiphe pisi* (powdery mildew). *Trans. Br. mycol. Soc.* 68, 97 - 100.

AYRES, P.G. und WOOLACOTT, B. (1980): Effects of soil water level on the development of adult plant resistance to powdery mildew in barley. *Ann. appl. Biol.* 94, 255 - 263.

BARAK, E., DINOOR, A. und JACOBY, B. (1983 a): Adsorption of systemic fungicides and a herbicide by some components of plant tissues, in relation to some physiochemical properties of the pesticides. *Pesticide Science* 14, 213 - 219.

BARAK, E., JAKOBY, B. und DINOOR, A. (1983 b): Adsorption of systemic pesticides on ground stems and in the apoplastic pathway of stems, as related to lignification and lipophilicity of the pesticides. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 20, 194 - 202.

BATEMAN, G.L. (1986): Wirkung der Saatgutbehandlung mit Triadimenol-haltigen Präparaten auf den Befall von Winterweizen mit Schwarzbeinigkeit. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 93, 404 - 414.

BERRIE, A.M.M. (1977): An introduction to the botany of the major crop plants. Heyden, London.

BEWICK, D. (1986): Stereochemistry of fluazifop-butyl transformations in soil. *Pesticide Science* 17, 349 - 356.

- BLAIR, A.M., BHAN, V.M., CASELEY, J.C. (1986): The influence of watering method on the activity of isoproturon on winter barley. *Annals of applied biology suppl.* 108, 106 - 107.
- BOCKUS, W.W (1983): Effects of fall infection by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and triadimenol seed treatment on severity of take-all in winter wheat. *Phytopathology* 73, 540 - 543.
- BÖRNER, H. (1975): *Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- BOLLAG, J.-M., und LOLL, M.J. (1983): Incorporation of xenobiotics into soil humus. *Experientia* 39, 1221 - 1231.
- BORGMANN, F. (1983): Biologische Grundlagen des Pflanzenbaus. In: *Pflanzenproduktion*. Hrsg.: J. Oehmichen. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg, 231 - 316.
- BRANDES, W., STEFFENS, W., FÜHR, F. und SCHEINPFLUG, H. (1978): Weitere Untersuchungen zur Translokation von [^{14}C]Triadimefon in Gurkenpflanzen. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 31, 132 - 144.
- BRENNECKE, R. (1984): Methode zur gaschromatographischen Bestimmung von Rückständen der Fungizide Bayleton und Bayfidan in Pflanzenmaterial, Boden und Wasser. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 37, 66 - 91.
- BRENNECKE, R. (1988): pers. Mitteilung. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutzzentrum Monheim, Institut für Metabolismusforschung und Rückstandsanalytik.
- BRIGGS, D.E. (1972): Enzyme formation, cellular breakdown and the distribution of gibberellins in the endosperm of barley. *Planta (Berl.)* 108, 351 - 358.
- BRIGGS, D.E. (1973 a): Hormones and carbohydrate metabolism in germinating cereal grains. In: *Biosynthesis and its control in plants*. Academic Press, London, 219 - 277.
- BRIGGS, D.E. (1978): *Barley*. Chapman & Hall Verlag, London.

BRIGGS, D.E. und MacDONALD, J. (1983 b): The permeability of the surface layers of cereal grains, and implications for tests of abrasion in barley. *J. Inst. Brew.* 89, 324 - 332.

BRIGGS, D.E., WARING R.H. und HACKETT, A.M. (1974): The metabolism of carboxin in growing barley. *Pesticide Science* 5, 599 - 607.

BRIGGS, G.G. (1973 b): A simple relationship between soil adsorption of organic chemicals and their octanol/water partition coefficients. In: *Proceedings of the 7th British Insecticide and Fungicide Conference*, 83 - 86.

BRIGGS, G.G., BROMILOW, R.H. und EVANS, A. (1982): Relationships between lipophilicity and root uptake and translocation of non-ionised chemicals by barley. *Pesticide Science* 13, 495 - 504.

BRIGGS, G.G., BROMILOW, R.H., EVANS, A. und WILLIAMS, M. (1983 a): Relationships between lipophilicity and the distribution of non-ionised chemicals in barley shoots following uptake by the roots. *Pesticide Science* 14, 492 - 500.

BROMILOW, R., RIGITANO, R.L.O., BRIGGS, G.G., CHAMBERLAIN, K. (1987): Phloem translocation of non-ionised chemicals in *Ricinus communis*. *Pesticide Science* 19, 85-99

BUCHENAUER, H. (1979): Untersuchungen zur Wirkungsweise und zum Verhalten verschiedener Fungizide in Pilzen und Kulturpflanzen. *Habilitationsschrift Universität Bonn*.

BUCHENAUER, H. und GROSSMANN, F. (1982 a): Fungitoxische Eigenschaften der Diastereomeren von Triadimenol und Transformation von Triadimefon in die Triadimenol-Isomeren durch Pilze. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 89, 309 - 324.

BUCHENAUER, H., KUTZNER, B. und KOTHS, T. (1984): Wirkung verschiedener Triazol-Fungizide auf das Wachstum von Getreidekeimlingen und Tomatenpflanzen sowie auf die Gibberellinhalte und den Lipidstoffwechsel von Gerstenkeimlingen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 91, 506 - 524.

BUCHENAUER, H. und RÖHNER, E. (1981): Effect of triadimefon and triadimenol on growth of various plant species as well as on gibberellin content and sterol

metabolism in shoots of barley seedlings. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 15, 58 - 70.

BUCHENAUER, H. und RÖHNER, E. (1982 b): Aufnahme, Translokation und Transformation von Triadimefon in Kulturpflanzen. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 89, 385 - 398.

BURDEN, R.S., CLARK, T. und HOLLOWAY, P.J. (1987): Effects of sterol biosynthesis-inhibiting fungicides and plant growth regulators on the sterol composition of barley plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 27, 289 - 300.

BUTCHER, J. und STENVERT, N.L. (1973): Conditioning studies on Australian wheat, III. The role of the rate of water penetration into the wheat grain. *J. Sci. Fd Agric.* 24, 1077 - 1084.

CHAMBERLAIN, K., BUTCHER, D.N. und WHITE, J.C. (1986): Relationships between chemical structure and phloem mobility in *Ricinus communis* var. *Gibsonii* with reference to a series of (1-naphthoxy)alkanoic acids. *Pesticide Science* 17, 48 - 52.

CHENG, H.H., FÜHR, F. und MITTELSTAEDT, W. (1975): Fate of Methabenzthiazuron in the plant-soil system. in: *Environm. Quality and Safety: Pesticides*. Hrsg.: F.Korte u. F. Coulston, 271 - 276.

CHENG, H.H. und KOSKINEN, W.C. (1986): Processes and factors affecting transport of pesticides to ground water. In: *Evaluation of Pesticides in Ground Water*. American Chemical Society Symposium Series 315, 2 - 13.

CLARK, T., CLIFFORD, D.R., DEAS, A.H.B., GENDLE, P. und WATKINS, D.A.M. (1978): Photolysis, metabolism and other factors influencing the performance of triadimefon as a powdery mildew fungicide. *Pesticide Science* 9, 497 - 506.

CLARK, T., VOGELER, K. und ISHIKAWA, I. (1986): Comparative metabolism of the enantiomers of triadimenol in barley plants. In: *Proceedings of the 1986 British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 475 - 482.

COLLINS, E.J. (1918): The structure of the integumentary system of the barley grain in relation to localized water absorption and semi-permeability. *Annals of Botany* 32, 381 - 414.

- CRISP, C.E. und LOOK, M. (1978): Phloem loading and transport of weak acids. In: Advances in Pesticide Science, 4th International Congress of Pesticide Chemistry. Pergamon Press, Oxford 3, 430 - 437.
- CROWDY, S.H. (1970): Factors influencing the activity of systemic fungicides. In: International Congress of Plant Protection 1970, 217 - 218.
- CROWDY, S.H. (1977): Translocation. In: Systemic Fungicides. Hrsg.: R.W. Marsh. Longman, London, New York, 92 - 114.
- DA LUZ, W.C. und BERGSTROM, G.C. (1986): Evaluation of triadimenol seed treatment for early season control of tan spot, powdery mildew, spot blotch and Septoria nodorum spot on spring wheat. Crop Protection 5, 83 - 87.
- DAVID, W.A.L. und GARDINER, B.O.C. (1955): The aphidical action of some systemic insecticides applied to seeds. Ann. Appl. Biol. 43, 594 - 614.
- DEAS, A.H.B. (1986): Triadimefon: Relationship between metabolism and fungitoxicity. Pesticide Science 17, 65 - 70.
- DEAS, A.H.B., CARTER, G.A., CLARK, T., CLIFFORD, D.R. und JAMES, C.S. (1986): The enantiomeric composition of triadimenol produced during metabolism of triadimefon by fungi. III. Relationship with sensitivity to triadimefon. Pesticide Biochemistry and Physiology 26, 10 - 21.
- DEAS, A.H.B., CLARK, T., und CARTER, G.A. (1984 a): The enantiomeric composition of triadimenol produced during metabolism of triadimefon by fungi. Part I.: Influence of dose and time of incubation. Pesticide Science 15, 63 - 70.
- DEAS, A.H.B. und CLIFFORD, D.R. (1982): Metabolism of the 1,2,4-triazolylmethane fungicides, triadimefon, triadimenol, and diclobutrazol, by Aspergillus niger (van Tiegh.). Pesticide Biochemistry and Physiology 17, 120 - 133.
- DEAS, A.H.B. und CLIFFORD, D.R. (1984 b): Reductive and oxidative metabolism of triazolylmethanes by two basidiomycete fungi. Pesticide Biochemistry and Physiology 22, 276 - 284.

- DEAS, A.H.B., CLIFFORD, D.R. und CARTER, G.A. (1984): Triadimefon: Relationship between metabolism by fungi and fungitoxicity. In: Pest and Diseases. Proceedings of the British Crop Protection Conference 1984, 905 - 910.
- DENCHEVA, A. und KLISURSKA, D. (1976): Peroxidase activity during corn seed germination. Fiziol Rast (Sofia) 2, 24 - 29.
- DUFFUS, C.M. und COCHRANE, M.P. (1982): Carbohydrate metabolism during cereal grain development. In: The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Hrsg.: A.A. Khan. Chapt. 2. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, New York, Oxford, 43 - 66.
- EDGINGTON, L.V. (1981): Structural requirements of systemic fungicides. Ann. Rev. Phytopathology. 19, 107 - 124.
- EDGINGTON, L.V. und PETERSON, C.A. (1977): Systemic fungicides: theory, uptake and translocation. In: Antifungal Compounds, Vol. 2. Hrsg.: Siegel, M. und Sisler, H.D. Dekker-Verlag, New York, 51 - 89.
- EDGINGTON, L.V. und REMPE, G.J. (1978): Effect of seed treatment on loose smut of barley. Pesticide research report: Comm. by Expert Committee on Pesticide Use in Agriculture, Ottawa. 491 - 492.
- ELLIS, F.B. und BARNES, B.T. (1980): Growth and development of root systems of winter cereals grown after different tillage methods including direct drilling. Plant and Soil 55, 283 - 295.
- EPSTEIN, E. (1972): Mineral nutrition of plants: Principles and Perspectives. Verlag J. Wiley and sons, New York.
- FALLOON, R.E. (1988): Effects of soil temperature on the efficacy of ergosterol biosynthesis inhibitor fungicides for control of Ustilago bullata. Pesticide Science 22, 169 - 178.
- FISHER, D.J., PICKARD, J.A. und McKENZIE, C.M. (1979): Uptake of the systemic fungicide triadimefon by clover and its effect on symbiotic nitrogen fixation. Pesticide Science 10, 75 - 82.

- FLETCHER, R.A. und HOFSTRA, G. (1985): Triadimefon a plant multi-protectant. *Plant Cell Physiology* 26, 775 - 780.
- FÖRSTER, H., BUCHENAUER, H. und GROSSMANN, F. (1980 a): Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gerstenpflanzen. I. Beeinflussung von Wachstum und Ertrag. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87, 473 - 492.
- FÖRSTER, H., BUCHENAUER, H. und GROSSMANN, F. (1980 b): Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gerstenpflanzen. II. Cytokininartige Effekte. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87, 640 - 653.
- FÖRSTER, H., BUCHENAUER, H. und GROSSMANN, F. (1980 c): Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gerstenpflanzen. III. Weitere Beeinflussungen des Stoffwechsels. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87, 717 - 730.
- FROHBERGER, P.E. (1978): Baytan, ein neues systemisches Breitbandfungizid mit besonderer Eignung für die Getreidebeizung. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 31, 11 - 24.
- FUCHS, A. und DE VRIES, F.W. (1984): Diastereomer-selective resistance in *Cladosporium cucumerinum* to triazole-type fungicides. *Pesticide Science* 15, 90 - 96.
- FÜHR, F. (1978): Impact of environmental factors on uptake and metabolism of pesticides. Indo-German Seminar on Management of Pesticide Application in Agriculture. *Berichte der Kernforschungsanlage Jülich*, Nr. 1534.
- FÜHR, F., PAUL, V., STEFFENS, W. und SCHEINPFLUG, H. (1978): Translokation von [¹⁴C]Triadimefon nach Applikation auf Sommergerste und seine Wirkung gegen *Erysiphe graminis* var. *hordei*. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 31, 116 - 131.
- FÜHR, F. und STEFFENS, W. (1985): Transport und Bilanzierung von Umweltchemikalien in Agrarökosystemausschnitten. *Bonner Universitätsblätter*, 25 - 28.

GASZTONYI, M. (1981): The diastereomeric ratio in the triadimenol produced by fungal metabolism of triadimefon, and its role in fungal selectivity, *Pesticide Science* 12, 433 - 438.

GASZTONYI, M. und JOSEPOVITS, G. (1979): The activation of triadimefon and its role in the selectivity of fungicide action. *Pesticide Science* 10, 57 - 65.

GATEHOUSE, D.M., EVANS, D.D., GRIFFITHS, D.C. und SCOTT, G.C. (1982): Behaviour of permethrin as a seed treatment against larvae of the wheat bulb fly (*Delia coarctata* Fall.). *Pesticide Science* 13, 109 - 118.

GEISLER, G. (1980): *Pflanzenbau*, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg

GEISLER, G. (1983): *Ertragsphysiologie von Kulturen des gemäßigten Klimas*. Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.

GRAHAM-BRYCE, I.J. (1988): Pesticide application to seeds and soil: unrealised potential? *Proceedings of the BCPC Symposium 1987: Application to Seeds and Soil*. BCPC Publications, Thornton Heath. 39, 3 - 14.

GRAHAM-BRYCE, I.J. und COUTTS, J. (1971): Interactions of pyrimidine fungicides with soil and their influence on uptake by plants. *Proceedings of the 6th British Insecticide and Fungicide Conference*, 419 - 430.

GRAHAM-BRYCE, I.J., NICHOLLS, P.H. und WILLIAMS, I.H. (1980): Performance and uptake of some carbendazim-producing fungicides applied as seed treatments to spring barley, in relation to their physicochemical properties. *Pesticide Science* 11, 1 - 8.

GRAM, N.H. (1982 a): The ultrastructure of germinating barley seeds. I. Changes in the scutellum and the aleurone layer in nordal barley. *Carlsberg Res. Comm.* 47, 143 - 162.

GRAM, N.H. (1982 b): The ultrastructure of germinating barley seeds. II. Breakdown of starch granules and cell walls of the endosperm in three barley varieties. *Carlsberg Res. Commun.* 47, 173 - 185.

GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1973): Vergleichende Untersuchungen über das unterschiedliche Wachstum von Getreide im Feldbestand und in Gefäßen. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde 134, 97 - 192.

GROSSE-BRAUCKMANN, E. (1975): Zur Technik des Gefäßversuches: Einfluß der Schattenwirkung des Drahtkäfigs auf den Ertrag und die Phosphataufnahme von Rotklee. Landwirtschaftliche Forschung. 28, 95 - 101.

GRÜSS, J. (1929): Bau und Semipermeabilität der Gerstenfrucht und Samenschale. Wochenschrift für Brauerei, Berlin. 46, 74 - 80.

HANSEN, J.R. und BUCHHOLTZ, K.P. (1952): Absorption of 2,4-D by corn and pea seeds. Agronomy Journal 44, 493 - 496.

HANSPER, M. (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Übertragbarkeit von Ergebnissen aus standardisierten Gefäß- und Lysimeterversuchen auf reale Feldbedingungen am Beispiel der Rückstandssituation in Pflanzen nach Spritzung von Goltix und Tribunil. Dissertation Universität Bonn, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich, Nr. 2067.

HAQUE, A., EBING, W. und SCHUPHAN, I. (1983): Saatgutbeizung: Umwandlung von ¹⁴C-Triadimenol in Weizen unter dem Einfluß weiterer Fungizidkomponenten. Gesunde Pflanzen 35, 302 - 307.

HEITEFUSS, R. und IBENTHAL, W.-D. (1979): Physiologische und biochemische Untersuchungen zur Ursache von herbizidbedingten Veränderungen der Anfälligkeit von Weizen gegenüber Mehltau (Erysiphe graminis). In: Herbizide. Abschlußbericht zum DFG Schwerpunktprogramm "Verhalten und Nebenwirkungen von Herbiziden im Boden und in Kulturpflanzen." Harald Boldt Verlag Boppard, 52 - 57.

HEITEFUSS, R. und IBENTHAL, W.-D. (1986): Physiologische und biochemische Kausalanalyse der veränderten Wirtseignung von herbizidbehandeltem Getreide für Erysiphe graminis. In: Herbizide II. VCH-Verlag, Weinheim, 139 - 147.

HESS, D. (1981): Pflanzenphysiologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

HOCOMBE, S.D. (1968): The Uptake of atrazine by germinating seeds of turnip (Brassica rapa L). Weed Research 8, 68 - 71.

- HOFFMANN, G.M., NIENHAUS, F., SCHÖNBECK, F., WELTZIEN, H.C., WILBERT, H. (1976): Lehrbuch der Phytomedizin. Paul Parey Verlag, Berlin und Hamburg.
- HOFFMANN, G.M. und SCHMUTTERER, H. (1983): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart.
- HUDETZ, M. (1988): pers. Mitteilung, Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin.
- HURLE, K. (1981): Untersuchungen zum Abbau von Herbiziden in Böden. Acta Phytomedica, 8., Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg.
- IBENTHAL, W.D. (1982 a): Physiological activities of epidermal, fungal and leaf tissue in the barley powdery-mildew interaction. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 47, 225 - 234.
- IBENTHAL, W.-D. (1982 b): Lösliche Inhaltsstoffe in der Epidermis von drei Sommergerstensorten unterschiedlicher Anfälligkeit gegenüber Erysiphe graminis f. sp. hordei. Kali-Briefe (Büntehof). 16, 215 - 221.
- IBENTHAL, W.-D. und HEITEFUSS, R. (1981): Änderungen im Gehalt löslicher Inhaltsstoffe der abaxialen Epidermis von Sommergerste unter dem Einfluß von Herbiziden. Phytopath. Z. 101, 323 - 336.
- IKECHUKWU UMECHURUBA, C., SINGLETON, L.L. und KIRKHAM, M.B. (1986): Effect of Drechslera sorokiniana and Fusarium avenaceum on root and shoot yield, evapotranspiration, and stomatal resistance of six winter wheat cultivars grown under soil moisture stress conditions. Pak. J. Bot. 18, 51 - 58.
- JACOBSON, A. und SHIMABUKURO, R.H. (1982): The absorption and translocation of diclofop-methyl and amitrole in wheat and oat roots. Physiologia Plantarum 54, 34 - 40.
- JAKOB, F. (1975): Zu einigen Fragen der Mobilität von Fungiziden. In: Internationales Symposium : Systemfungizide. Hrsg.: H. Lyr und C. Polter. Akademie Verlag, Berlin, 263 - 267.

JAKOB, F. und NEUMANN, S. (1987): Principles of uptake and systemic transport of fungicides within the plant. In: Modern Selective Fungicides. Hrsg.: H. Lyr. Verlag Longmann Group UK Ltd, London.

JANSEN, P. (1988): pers. Mitteilung, Zentralinstitut für angewandte Mathematik (ZAM) der Kernforschungsanlage Jülich

JENSEN, S.A. und HELTVED, F. (1982): Visualization of enzyme activity in germinating cereal seeds using a lipase sensitive fluorochrome. Carlsber Res. Commun. 47, 297 - 303.

KÄLBERER, R. (1979): Einfluß pilzlicher Infektionen auf die Verteilung systemischer Fungizide in höheren Pflanzen. Dissertation Universität Hohenheim.

KALPANA, K. und CHATRATH, M.S. (1979): Uptake and translocation of methyl (1-butylcarbaryl)-2 benzimidazole carbamate in wheat. Journal of Nuclear Agriculture and Biology. 8, 106 - 110.

KALPANA SASTRY, R. und CHATRATH, M.S. (1981): Uptake and translocation of carbendazim in wheat after seed treatment. Journal of Nuclear Agriculture and Biology 10, 105 - 108.

KERLER, F. und SCHÖNHERR, J. (1988 a): Accumulation of lipophilic chemicals in plant cuticles: prediction from octanol/water partition coefficients. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 17, 1 - 6.

KERLER, F. und SCHÖNHERR, J. (1988 b): Permeation of lipophilic chemicals across plant cuticles: prediction from partition coefficients and molar volumes. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 17, 7 - 12.

KERPEN, W. (1988): pers. Mitteilung, Institut für Radioagronomie der Kernforschungsanlage Jülich.

KHAN, A.A. (Hrsg.). (1982): The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam, New York, Oxford.

KOCH, H. (1985): Kann die Beizqualität verbessert werden? (Vor- und Nachteile der Flüssigbeizen). Pflanzenschutz-Praxis 2, 12 - 16.

KOCH, H. (1986): Gefordert: Bessere Beizqualität. DLG-Mitteilungen 17, 940 - 941.

KÖHLER, W., SCHACHTEL, G. und VOLESKE, P. (1984): Biometrie. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, New York, Tokio.

KÖLLER, W. (1987 a): Plant growth regulator activities of stereochemical isomers of triadimenol. Physiologica Plantarum 71, 309 - 315.

KÖLLER, W. (1987 b): Isomers of sterol synthesis inhibitors: fungicidal effects and plant growth regulator activities. Pesticide Science 18, 129 - 147.

KOHTS, T. (1981): Nebenwirkungen der neuen Fungizide CGA 64250, CGA 64251, Diclobutrazol und Triadimenol auf Gerstenpflanzen, insbesondere ihr Einfluß auf Wachstum, cytokinin-artige Wirkung, Gibberellinbiosynthese und Lipidstoffwechsel. Diplomarbeit Universität Bonn.

KOLBE, W. (1978): Überlegungen zur Saatgutbehandlung sowie Untersuchungen über die fungizide Wirkung und den Ertragseinfluß von Baytan bei der Beizung im Getreidebau Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 31, 38 - 59.

KOLBE, W. (1982): Weitere Versuche über die fungizide Wirkung und den Ertragseinfluß von Baytan bei der Beizung im Getreidebau (1975 - 1981). Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 35, 72 - 103.

KRÄMER, W., BÜCHEL, K.H., PFLUGBEIL, W.D., FROHBERGER, P.E. und BRANDES, W. (1979): Diastereomere Triazolyl- O,N-acetate, Verfahren zu ihrer Herstellung sowie ihre Verwendung als Fungizide. Offenlegungsschrift 27 43 767 des Deutschen Patentamtes.

KRAUSS, L. (1933): Entwicklungsgeschichte der Früchte von Hordeum, Triticum, Bromus und Poa mit besonderer Berücksichtigung ihrer Samenschalen. Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik, Hrsg.: H. Fitting. Verlag Borntraeger, Leipzig 77, 733 - 808.

KUBIAK, R. (1986): Vergleichende Untersuchungen zur Übertragbarkeit von Ergebnissen aus standardisierten Laborversuchen und Agrarökosystemausschnitten auf die reale Feldsituation am Beispiel des Abbau- und Verlagerungsverhaltens der Herbizidwirkstoffe Metamitron und

Methabenzthiazuron in einer Parabraunerde. Dissertation Universität Bonn,
Berichte der Kernforschungsanlage Jülich Nr. 2055.

KUCK, K.H. (1987): Untersuchungen zur Aufnahme von Bayleton in Weizenblätter.
Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 40, 1 - 28.

KUCK, K.H., SCHEINPFLUG, H., TIBURZY, R. und REISNER, H.J. (1982):
Fluoreszenzmikroskopische Untersuchungen über den Einfluß von Bayleton und
Baytan auf das Wachstum des Schwarzrostes in der Weizenpflanze.
Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 35, 209 - 228.

KUCK, K.H. und THIELERT, W. (1987): Über die systemischen Eigenschaften von
HWG 1608, dem Wirkstoff der Fungizide Folicur und Raxil. Pflanzenschutz-
Nachrichten Bayer 40, 133 - 152.

LEHMANN, E. und AICHELE, F. (1931): Keimungsphysiologie der Gräser
(Gramineen). Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

LEROUX, P. und GREDET, M. (1975 a): Fate of systemic fungicides used for coating
seeds (uptake, transport, degradation). In: Int. Symposium Systemfungizide, Hrsg.
H. Lyr und C. Polter, Akademie Verlag Berlin, 309 - 320.

LEROUX, P. und GREDET, M. (1975 b): Absorption of methyl benzimidazol-2-yl
carbamate (carbendazim) by corn roots. Pesticide Biochemistry and Physiology 5,
507 - 514.

LEROUX, P. und GREDET, M. (1977): Uptake of systemic fungicides by maize roots. ,
Neth. J. Pl. Path. (Suppl. 1) 83, 51-61

LIMPERT, E. (1987): Frequencies of virulence and fungicide resistance in the
european barley mildew population in 1985. J. Phytopathology 119, 298 - 311.

LÜRSSEN, K. (1987): Extended summaries. Physicochemical and biophysical panel
symposium. Gibberellin and sterol synthesis inhibitors. Pesticide Science 21,
307 - 311.

LÜTTGE, U. und HIGINBOTHAM, N. (1979): Transport in Plants. Springer Verlag,
New York.

- LUZZATI, V. und HUSSON, F. (1962): The structure of the liquid-crystalline phases of lipid-water systems. *Journal of Cell Biology* 12, 207 - 219.
- MacMASTERS, M.M., HINTON, J.J.C. und BRADBURY, D. (1978): Microscopic structure and composition of the wheat kernel. In: *Wheat: Chemistry and Technology*, 2nd edition. Hrsg.: Yeshajahu Pomeranz, Washington State University, Pullman.
- MANGO, R.R. und PUHL, R.J. (1977): The aerobic and anaerobic soil metabolism of Bayleton. Mobay Chemical Corporation, Chemagro Agricultural Division, unveröffentlichter Bericht.
- MARSCHNER, H. (1986): Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London.
- MARTIN, R.A. und EDGINGTON, L.V. (1980): Effect of temperature on efficacy of triadimenol and fenapanil to control loose smut of barley. *Canadian Journal of Plant Pathology* 2, 201 - 204.
- MATHRE, D.E., JOHNSTON, R.H. und ENGEL, R. (1986): Effect of seed treatment with triadimenol on severity of take-all of spring wheat caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Plant Disease* 70, 749 - 750.
- MATSUDA, K. und RIAZI, A. (1981): Stress-induced osmotic adjustment in growing regions of barley leaves. *Plant Physiology* 68, 571 - 576.
- MOHR, H. und SCHOPFER, P. (1978): *Lehrbuch der Pflanzenphysiologie*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg.
- MOSS, R. (1977): An autoradiographic technique for the location of conditioning water in wheat at the cellular level. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 28, 23 - 33.
- NEGBI, M. (1984): The structure and function of the scutellum of the gramineae. *Botanical Journal of the Linnean Society* 88, 205 - 222.
- NICHOLLS, P.H. (1988): Factors influencing entry of pesticides into soil water. *Pesticide Science* 22, 123 - 137.

OBRIST, J.J. (1979): Leaching characteristics of aged Baytan soil residues. Mobay Chemical Corporation, Agricultural Chemicals Division, unveröffentlichter Bericht.

OBST, A (1984): Schwierigkeiten mit neuen Fungiziden bei der Krankheitsbekämpfung im Getreidebau. *Gesunde Pflanzen* 36, 143 - 148.

OERKE, E.-C. und SCHÖNBECK, F. (1986): Zum Einfluß abiotischer Streßbedingungen auf das Wachstum von Gerste und Bohne und deren Prädisposition gegenüber Schaderregern. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 93, 561 - 573.

PATIL, S.G., NICHOLLS, P.H., CHAMBERLAIN, K., BRIGGS, G.G. und BROMILOW, R.H. (1988): Degradation rates in soil of 1-benzyltriazoles and two triazole fungicides. *Pesticide Science* 22, 333 - 342.

PAUL, V. und SCHEINPFLUG, H. (1979): Untersuchungen zur Wirkung von Bayleton auf die Pathogenese des Gerstenmehltaus. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 32, 83 - 92.

PESTEMER, W. (1984): Untersuchungen zum Verhalten und zu Nebenwirkungen von Herbiziden im Boden. Habilitationsschrift Universität Hannover, BBA Braunschweig, Institut für Unkrautgorschung.

PESTEMER, W. (1983): Methodenvergleich zur Bestimmung der Pflanzenverfügbarkeit von Bodenherbiziden. *Berichte aus dem Fachgebiet Herbologie der Universität Hohenheim* 24, 85 - 96.

PETERSON, C.A. und EDGINGTON, L.V. (1976): Entry of pesticides into the plant symplast as measured by their loss from an ambient solution. *Pesticide Science* 7, 483 - 491.

PRADET, A. (1982): Oxidative phosphorylation in seeds during initial phases of germination. In: *The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination*. Hrsg.: A.A. Khan. Chapt. 14. Elsevier Biomedical Press Amsterdam, New York, Oxford, 347 - 369.

PRING, R.J. (1986): Ultrastructural changes occurring in wheat leaves following triadimefon treatment. *Pesticide Science* 37, 327 - 334.

- RACKE, K.D. und LICHTENSTEIN, E.P. (1987): Effects of agricultural practices on the binding and fate of ^{14}C -parathion in soil. *Journal of Environmental Science and Health* 22, 1 - 14.
- RATH, F. (1988): pers. Mitteilung. Friedrich Weissheimer Malzfabrik, Andernach.
- RAWLINSON, C.J., MUTHYALU, G. und CAYLEY, G.R. (1982): Residual effects of triadimefon in soil on powdery mildew and yield of spring barley. *Plant Pathology* 31, 143 - 155.
- RIEDER, G., BUCHHOLTZ, K.P. und KUST, C.A. (1970): Uptake of herbicides by soybean seed. *Weed Science* 18, 101 - 105.
- RIEDERER, M. und SCHÖNHERR, J. (1988): Covalent binding of chemicals to plant cuticles: quantitative determination of epoxide contents of cutins. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 17, 21 - 25.
- RIGITANO, R.L.O., BRIGGS, G.G., BROMILOW, R.H. und CHAMBERLAIN, K. (1986): Phloem translocation of xenobiotics in plants: a physicochemical approach. *Pesticide Science* 17, 58 - 64.
- RIGITANO, R.L.O., BROMILOW, R.H., BRIGGS, G.G. und CHAMBERLAIN, K. (1987): Phloem translocation of weak acids in *Ricinus communis*. *Pesticide Science* 19, 113 - 133.
- RILEY, D. (1988): pers. Mitteilung. ICI Agrochemicals, Jealott's Hill Research Station, Bracknell, Berkshire, UK.
- RILEY, D., COUTTS, J., GOWMAN, M.A. und GRAHAM-BRYCE, I.J. (1977): Effect of soil moisture on ethirimol uptake from a barley seed dressing. *Proceedings of the 9th British Crop Protection Conference - Pests and Diseases*, 435 - 441.
- RUBIN, B. und DEMETER, Y. (1986): Dipropetryn absorption during germination by cucurbit seeds and its influence on seedling growth. *Weed Research* 26, 333 - 340.
- RUSSELL, R.S. (1977): *Plant root systems: their function and interaction with the soil*. McGraw-Hill Book Company (UK) Limited, London.

- SAARELEINEN, R. und MIKOLA, J. (1987): Transport-related amino acid metabolism in germinating barley grains. *Physiologia Plantarum* 70, 127 - 132.
- SARKAR, J.M., MALCOLM, R.L. und BOLLAG, J.-M. (1988): Enzymatic coupling of 2,4-dichlorophenol to stream fulvic acid in the presence of oxidoreductases. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52, 688 - 694.
- SAUERBECK, D. und JOHNEN, B. (1976): Der Umsatz von Pflanzenwurzeln im Laufe der Vegetationsperiode und dessen Beitrag zur "Bodenatmung". *Z. Pflanzenern. Bodenk.* 3, 315 -328.
- SCHEFFER, F., SCHACHTSCHABEL, P., BLUME, H.-P., HARTGE, K.H. und SCHWERTMANN, U. (1979): *Lehrbuch der Bodenkunde*. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- SCHEINPFLUG, H. und KUCK, K.H. (1987): Sterol biosynthesis inhibiting piperazine, pyridine, pyrimidine and azole fungicides. In: *Modern Selective Fungicides*. Hrsg. H. Lyr. Longman Scientific and Technical Publications, Harlow, 173 - 204.
- SCHEINPFLUG, H. und PAUL, V. (1977): On the mode of action of triadimefon. *Neth. J. Pl. Path.* 83, 105 - 111.
- SCHEINPFLUG, H., PAUL, V. und KRAUS, P. (1978): Untersuchungen zur Wirkungsweise von Bayleton bei Getreidekrankheiten. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 31, 101 - 115.
- SCHEL, J.H.N., KIEFT, H. und VAN LAMMEREN, A.A.M. (1984): Interactions between embryo and endosperm during early developmental stages of maize caryopses (*Zea mays*). *Can. J. Bot.* 62, 2842 - 2853.
- SCHLÜTER, K. (1977): Fungizide Wirkung von Triadimefon in der Dampfphase. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 84, 612 - 614.
- SCHÖNHERR, J. und RIEDERER, M. (1988): Desorption of chemicals from plant cuticles: evidence for asymmetry. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 17, 13 - 19.

- SCHULTE, H.-D. (1984): Beobachtung des Wasserflusses in der ungesättigten Zone mit Hilfe physikalischer Verfahren und H_2^{18}O -Markierung. Diplomarbeit Fachhochschule Aachen, Fachbereich Chemieingenieurwesen.
- SCHULZ, U., DUTZMANN, S. und SCHEINPFLUG, H. (1986): Über den Einfluß von Bayfidan auf Sensitivitäts- und Virulenzdynamik von *Erysiphe graminis* DC. f.sp. tritici. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 39, 209 - 245.
- SCHWARZBACH, E. und FISCHBECK, G. (1981): Die Mehltaresistenzfaktoren von Sommer- und Wintergerstensorten in der Bundesrepublik Deutschland. Z. Pflanzenzüchtg. 87, 309 - 318.
- SCOTT, H.D. und PHILLIPS, R.E. (1971): Diffusion of herbicides to seed. Weed Science 19, 128 - 132.
- SCOTT, H.D. und PHILLIPS, R.E. (1973): Absorption of herbicides by soybean seed. Weed Science 21, 71 - 76.
- SEIBERT, K., FÜHR, F. und MITTELSTAEDT, W. (1982): Experiments on the influence of roots and soils on 2,4-D degradation. Landw. Forsch. 35, 5 - 13.
- SHASTRY, P.P. und JAIN, A.C. (1984): Uptake, translocation and persistence of some systemic fungicides in peanut through seed and soil. Indian Phytopath. 37, 265 - 266.
- SHONE, M.G.T. und WOOD, A.V. (1972): Factors affecting absorption and translocation of simazine by barley. Journal of Experimental Botany 23, 141 - 151.
- SHONE, M.G.T. und WOOD, A.V. (1973): Pathways of uptake and translocation of some soil-applied pesticides. Proceedings of the 7th British Insecticide and Fungicide Conference, 151 - 159.
- SIMON, E.W. (1978): Plant membranes under dry conditions. Pesticide Science 9, 169 - 172.
- SMART, M.G. und O'BRIEN, T.P. (1979 a): Observations on the scutellum. I. Overall development during germination in four grasses. Aust. J. Bot. 27, 391 - 401.

- SMART, M.G. und O'BRIEN, T.P. (1979 b): Observations on the scutellum. II. Histochemistry and autofluorescence of the cell wall in mature grain and during germination of wheat, barley, oats and ryegrass. *Aust. J. Bot.* 27, 403 - 411.
- SMART, M.G. und O'BRIEN, T.P. (1983): The development of the wheat embryo in relation to the neighbouring tissues. *Protoplasma* 114, 1 - 13.
- SMOLKA, S. und WOLF, G. (1983): Cytologische Untersuchungen zur Wirkungsweise von Bayleton (Triadimefon) und Baytan (Triadimenol) auf den Wirt-Parasit-Komplex Gerste-Erysiphe graminis. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 36, 97 - 128.
- SMOLKA, S. und WOLF, G. (1986): Cytological studies on the mode of action of systemic fungicides on the host pathogen complex barley-powdery mildew (*Erysiphe graminis* f.sp. *hordei* Marchal). *Pesticide Science* 17, 249 - 255.
- STALDER, L. und PESTEMER, W. (1980): Availability to plants of herbicide residues in soil. Part I: A rapid method for estimating potentially available residues of herbicides. *Weed Research* 20, 341 - 347.
- STEFFENS, W., FÜHR, F., KRAUS, P. und SCHEINPFLUG, H. (1982): Aufnahme und Verteilung von Baytan in Sommergerste und Sommerweizen nach Saatgutbehandlung. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 35, 171 - 188.
- STEFFENS, W., THIELERT, W. und FÜHR, F. (1985): Aufnahme und Verlagerung von [benzolring-U-¹⁴C]Triadimenol nach Einsatz als Baytan 25 DS-Trockenbeizformulierung in Wintergerste und Winterweizen in Abhängigkeit vom Saattermin. Interner Bericht IRA 8/85.
- STEFFENS, W., THIELERT, W. und FÜHR, F. (1986): Uptake, translocation and distribution of [benzene ring-U-¹⁴C]triadimenol formulated as Baytan after seed treatment of winter barley and winter wheat grown in field lysimeters. Abstracts of the 6th Int. Congress of Pesticide Chemistry, Ottawa.
- STEVENS, P.J.G. und BAKER, E.A. (1987): Factors affecting the foliar absorption and redistribution of pesticides. I. Properties of leaf surfaces and their interactions with spray droplets. *Pesticide Science* 19, 265 - 281.

- SVENNINGSSON, M. und LILJENBERG, C. (1986): Changes in cuticular transpiration rate and cuticular lipids of oat (*Avena sativa*) seedlings induced by water stress. *Physiol. Plant.* 66, 9 - 14.
- THARP, W.H. (1935): Developmental anatomy and relative permeability of barley seed coats. *Bot. Gaz.* 97, 240 - 271.
- THIELERT, W. (1984): Aufnahme und Nachlieferung von [benzolring-U-¹⁴C]Triadimenol über die Karyopse und aus den Beizhöfen nach Saatgutbeizung von Wintergerste und Winterweizen mit einer Trockenbeizformulierung Dissertation Universität Bonn, Berichte der Kernforschungsanlage Jülich Nr. 1958.
- THIELERT, W. (1988): pers. Mitteilung. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutzzentrum Monheim, Institut für Pflanzenkrankheiten.
- THIELERT, W., STEFFENS, W., FÜHR, F., KUCK, K.H. und SCHEINPFLUG, H. (1986): Aufnahme und Nachlieferung von [benzolring-U-¹⁴C]Triadimenol aus den Beizhöfen von Wintergerste und Winterweizen nach Saatgutbehandlung. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 39, 97 - 187.
- TISCHNER, H. (1987): Einflußfaktoren auf Aufnahme, Verteilung und biologische Effektivität von Triadimenol gegen Echten Mehltau nach Baytan-Beizung von Gerste. Dissertation Technische Universität München.
- TRÄGNER-BORN, J. und VAN DEN BOOM, T. (1978): Über Ergebnisse von Freilandversuchen mit Baytan, einem neuen systemischen Getreidebeizmittel. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* 31, 25 - 37.
- TUPPEN, R. J. (1977): The application to seeds of chemicals to control diseases and pests. *Seed Science and Technology* 5, 265 - 270.
- TURNBULL, G.C. und STEPHENSON, G.R. (1985): Translocation of clopyralid and 2,4-D in Canada Thistle (*Cirsium arvense*). *Weed Science* 33, 143 - 147.
- TYREE, M.T., PETERSON, C.A. und EDGINGTON, L.V. (1979): A simple theory regarding ambimobility of xenobiotics with special reference to the nematicide, oxamyl. *Plant Physiol.* 63, 367 - 374.

- VAISANEN, E. und SOPANEN, T. (1986): Uptake of proline by the scutellum of germinating barley grain. *Plant Physiol.* 80, 902 - 907.
- VOGELER, K. (1978): Adsorptionsisothermen von Triadimenol in verschiedenen Böden. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutz Anwendungstechnik, Institut für Rückstandsanalytik, unveröffentlichter Bericht RA - 496.
- VOGELER, K. und BRENNECKE, R. (1981): Untersuchungen zum Metabolismus von Triadimefon im Boden nach Applikation von [triazolring-3,5-¹⁴C] und [benzolring-U-¹⁴C] Bayleton an Sommergerste. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutz Anwendungstechnik, Institut für Metabolismusforschung und Rückstandsanalytik, unveröffentlichter Bericht 248/81.
- VOGELER, K. und BRENNECKE, R. (1982): Untersuchungen zum Metabolismus von Triadimenol im Boden nach Applikation von [triazolring-3,5-¹⁴C] und [benzolring-U-¹⁴C] Baytan an Sommergerste. Bayer AG, Leverkusen, Pflanzenschutz und Anwendungstechnik, Institut für Metabolismusforschung und Rückstandsanalytik, unveröffentlichter Bericht, RA 362.
- WALLERSTEIN, I.S., JACOBY, B. und DINOOR, A. (1976): Absorption, retention and translocation of the systemic fungicide triarimol in plants. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 6, 530 - 537.
- WINK, O. und LULEY, U. (1988): Enantioselective transformation of the herbicides diclofop-methyl and fenoxaprop-ethyl in soil. *Pesticide Science* 22, 31 - 40.
- WOLFE, M.S., SLATER, S.E. und MINCHIN, P.N. (1983): Fungicide insensitivity and host pathogenicity in barley mildew. in: *Proceedings Intern. Congr. Plant Protect.* 10, 645.
- WOOLACOTT, B. (1982): Effects of water stress on the development of adult plant resistance to Powdery mildew disease in barley. Ph.D. Thesis, University of Lancaster.
- WYNESS, L.E. und AYRES, P.G. (1985): Water or salt stress increases infectivity of *Erysiphe pisi* conidia taken from stressed plants. *Trans. Br. mycol. Soc.* 85, 471 - 476.

- WYNESS, L.E. und AYRES, P.G. (1987): Volume, water and energy contents of conidia of *Erysiphe pisi* from water-stressed pea plants. *Trans. Br. mycol. Soc.* 88, 277 - 280.
- YARWOOD, C.E. (1949): Effect of soil moisture and nutrient concentration on the development of bean Powdery mildew. *Phytopathology* 39, 780 - 788.
- YARWOOD, C.E. (1959): Predisposition. In: *Plant Pathology*, Vol. 1. Hrsg.: J.G. Horsfall, A.E. Dimond. Academic Press, New York, London, 521 - 562.
- ZADOKS, J.C., CHANG, T.T. und KONZAK, C.F. (1974): A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14, 415 - 421.
- ZEUSCHNER, M. (1926): Untersuchungen über die Dicke der Schale verschiedener Weizensorten, ihren Bau und Einfluss auf die Beizempfindlichkeit. *Landwirtschaftliches Jahrbuch, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Schlesischen Friedrich-Wilhelms-Univ. Breslau* 64, 611 - 645.
- ZHANG, J. und DAVIES, W.J. (1987): ABA in roots and leaves of flooded pea plants. *Journal of Experimental Botany* 38, 649 - 659.

Anhang-Tab. 1:

Entwicklung der Frischmassenzuwächse der Gesamtsprosse von früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS. Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	mg Frischmasse nach Frühsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			Standard	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s
10-11	58 ^a	± 16	44 ^b	± 5		57 ^a	± 10		64 ^a	± 13
11-12	184 ^a	± 33	118 ^b	± 34		109 ^b	± 27		132 ^b	± 36
12-13	419 ^{a,b}	± 99	348 ^a	± 48		348 ^a	± 74		433 ^b	± 94
21	771 ^a	± 162	907 ^a	± 512		716 ^a	± 125		749 ^a	± 137
22-23	1152 ^a	± 412	903 ^a	± 532		811 ^a	± 366		1645 ^b	± 385

Stadium	mg Frischmasse nach Spätsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			Standard	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s	n	$\bar{x}$	s
10-11	64	± 12	51	± 11		52	± 17		60	± 16
11-12	130	± 26	142	± 25		143	± 52		125	± 32
12-13	234 ^{a,b}	± 49	202 ^a	± 29		185 ^a	± 63		261 ^b	± 54
21	294 ^a	± 66	319 ^{a,b}	± 46		360 ^{a,b}	± 68		374 ^b	± 89
22-23	430 ^a	± 71	376 ^a	± 134		485 ^{a,b}	± 101		535 ^b	± 98

Signifikanz zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 2:

Entwicklung der Frischmassenzuwächse in den Koleoptilen früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit $[^{14}\text{C}]$ Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	mg Frischmasse nach Frühsaat									
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht		Trocken	Standard		Standard		Standard
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
10-11	18 ^a	±8	22 ^{a,b}	±4	22 ^{a,b}	25 ^b	±5	25 ^b	±8	
11-12	30 ^a	±7	20 ^b	±8	19 ^b	33 ^a	±7	33 ^a	±7	
12-13	23	±6	16	±14	19	18	±4	18	±8	
21	15 ^a	±5	32 ^b	±23	14 ^a	14 ^a	±5	14 ^a	±5	
22-23	16 ^a	±6	5 ^b	±2	6 ^b	17 ^a	±3	17 ^a	±4	

Stadium	mg Frischmasse nach Spätsaat									
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht		Trocken	Standard		Standard		Standard
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
10-11	27 ^a	±5	21 ^{b,c}	±4	18 ^b	25 ^{a,c}	±6	25 ^{a,c}	±7	
11-12	22 ^{a,b}	±6	21 ^{a,b}	±6	17 ^a	25 ^b	±5	25 ^b	±7	
12-13	19 ^{a,c}	±4	15 ^{a,b}	±6	12 ^b	23 ^c	±3	23 ^c	±5	
21	11 ^a	±4	22 ^b	±7	11 ^a	13 ^a	±3	13 ^a	±5	
22-23	22 ^a	±6	16 ^{a,b}	±4	15 ^b	33 ^c	±5	33 ^c	±9	

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 3:

Entwicklung der Frischmassenzuwächse des 1. Blattes früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	mg Frischmasse nach Frühsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			Standard	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
10-11	40 ^a	±12	22 ^b	±4	35 ^a	39 ^a	±8	39 ^a	±9	
11-12	144 ^a	±27	94 ^b	±34	88 ^b	91 ^b	±22	91 ^b	±34	
12-13	219	±33	194	±36	192	219	±22	219	±47	
21	239 ^a	±50	237 ^a	±43	94 ^b	239 ^a	±23	239 ^a	±31	
22-23	198 ^{a,c}	±61	157 ^a	±47	89 ^b	238 ^c	±29	238 ^c	±46	

Stadium	mg Frischmasse nach Spätsaat									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			Standard	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
10-11	37	±9	31	±9	33	34	±15	34	±13	
11-12	97	±19	108	±19	110	92	±24	92	±25	
12-13	136 ^a	±28	124 ^{a,b}	±15	108 ^b	142 ^a	±33	142 ^a	±26	
21	129	±28	122	±13	121	129	±19	129	±20	
22-23	123	±21	118	±26	127	141	±33	141	±19	

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet

(Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 4: Entwicklung der Frischmassenzuwächse des 2. Blattes von früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

mg Frischmasse nach Frühsaat										
[¹⁴ C] Baytan 075 FS										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
11-12	11	±7	6	±4	3	±2	11	±25	11	±25
12-13	149	±51	119	±36	121	±48	155	±52	155	±52
21	268 ^a	±60	264 ^a	±58	164 ^b	±24	281 ^a	±36	281 ^a	±36
22-23	244 ^a	±90	197 ^{a,b}	±77	151 ^b	±83	309 ^c	±52	309 ^c	±52

mg Frischmasse nach Spätsaat										
[¹⁴ C] Baytan 075 FS										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
11-12	12	±12	12	±5	12	±5	11	±5	11	±5
12-13	62 ^{a,b}	±17	52 ^b	±13	53 ^b	±25	73 ^a	±17	73 ^a	±17
21	87	±24	86	±16	102	±17	102	±21	102	±21
22-23	97 ^{a,b}	±15	81 ^a	±24	106 ^b	±18	111 ^b	±24	111 ^b	±24

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 5: Entwicklung der Frischmassenzuwächse des 3. Blattes von früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

mg Frischmasse nach Frühsaat									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
12-13	33 ^{a,b}	±20	19 ^a	±10	25 ^{a,b}	±19	39 ^b	±21	
21	175 ^a	±58	338 ^b	±117	257 ^b	±32	172 ^a	±62	
22-23	367 ^a	±88	250 ^b	±156	244 ^b	±47	457 ^a	±65	

mg Frischmasse nach Spätsaat									
[¹⁴ C] Baytan 25 DS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	
12-13	14 ^a	±7	11 ^a	±3	14 ^{a,b}	±9	21 ^b	±8	
21	50 ^a	±16	60 ^a	±14	83 ^b	±12	77 ^b	±18	
22-23	91 ^{a,b}	±13	80 ^a	±26	110 ^b	±20	100 ^{a,b}	±25	

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 6:

Entwicklung der Frischmassenzuwächse des 4. Blattes von früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

mg Frischmasse nach Frühsaat										
[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
21	26 ^a	± 24	131 ^b	± 113	183 ^b	± 95	21 ^a	± 15	278	± 86
22-23	191	± 109	248	± 208	293	± 114	21 ^a	± 15	278	± 86

mg Frischmasse nach Spätsaat										
[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
21	8 ^a	± 8	15 ^b	± 6	26 ^b	± 7	21 ^b	± 13	58	± 17
22-23	45	± 14	48	± 25	63	± 27	21 ^b	± 13	58	± 17

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet

(Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 7:

Entwicklung der Frischmassenzuwächse der Nebentriebe von früh- und spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

mg Frischmasse nach Frühsaat										
[¹⁴ C] Baytan 075 FS										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12-13	54	± 47	99	± 102	49	n.b.	21	± 7	32	± 24
22-23	197 ^a	± 116	117 ^a	± 150	151 ^a	± 105	344 ^b	± 167		

mg Frischmasse nach Spätsaat										
[¹⁴ C] Baytan 075 FS										
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS			
	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
12-13	19	± 10	15	± 12	32	± 25	33	± 29		
22-23	57 ^a	± 31	43 ^a	± 46	64 ^{a,b}	± 32	90 ^b	± 45		

Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums nach Früh- bzw. Spätsaat sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Tukey's studentized range test, $\alpha = 0.05$).

Anhang-Tab. 8:

Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im Gesamtsproß frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität										[¹⁴ C]Baytan 25 DS Standard	
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					Trocken						
	Standard		Feucht			Median			1/4Q-3/4Q		$\bar{x}$	s
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q				
10-11	0.91	0.70-1.39	0.67	0.59-0.96	0.96	0.60-2.02	0.96	0.60-2.02	0.96	±0.27		
11-12	1.63	1.35-3.18	2.32	1.46-3.19	1.76	1.23-1.94	1.76	1.23-1.94	1.56	±0.45		
12-13	2.51	2.03-3.42	2.61	2.20-3.90	3.36	2.58-4.59	3.36	2.58-4.59	2.47	±0.97		
21	2.81 ^a	2.02-3.97	2.67 ^a	1.46-3.58	4.16 ^b	3.46-7.08	4.16 ^b	3.46-7.08	3.77	±1.07		
22-23	4.93	3.33-5.75	3.10	2.04-5.82	5.17	2.86-7.25	5.17	2.86-7.25	4.45	±1.22		

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse											
Stadium	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S				Trocken				[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Standard		Feucht		Median		1/4Q-3/4Q		̄ x		s
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q			
10-11	2.40	1.66-3.28	2.34	1.93-3.47	2.58	1.66-4.80	2.02				
11-12	1.67 ^a	1.16-2.22	2.60 ^b	1.73-4.43	2.17 ^{a,b}	1.56-2.80	1.99				
12-13	0.95 ^a	0.69-1.07	1.33 ^{a,b}	0.93-1.70	1.46 ^b	0.96-2.14	0.80				
21	0.53 ^a	0.40-0.80	0.49 ^a	0.36-0.52	0.93 ^b	0.73-1.44	0.68				
22-23	0.56 ^a	0.42-0.74	0.48 ^{a,b}	0.38-1.56	0.99 ^b	0.83-1.55	0.38				

Nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). In der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 9: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente in den Koleoptilen frühgesäter Wintergerste Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Feucht					Trocken				
	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Standard
10-11			0.46	0.34-0.75	0.58	0.48-0.84	0.53	0.41-0.99	0.65	±0.20
11-12			0.49	0.37-0.84	0.49	0.31-0.942	0.47	0.38-0.64	0.66	±0.32
12-13			0.37 ^a	0.28-0.51	0.20 ^b	0.16-0.27	0.68 ^c	0.49-0.81	0.50	±0.15
21			0.35 ^a	0.26-0.50	0.21 ^a	0.17-0.30	0.59 ^b	0.36-0.96	0.45	±0.15
22-23			0.37 ^a	0.28-0.44	0.22 ^b	0.14-0.29	0.53 ^c	0.45-1.08	n.b.	n.b.

Stadium	Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Feucht					Trocken				
	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	Standard	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Standard
10-11			4.07	2.98-6.78	3.88	3.20-6.27	3.90	2.61-6.85	3.65	±1.06
11-12			3.18	1.98-4.46	3.72	2.51-6.34	3.01	2.80-5.20	2.88	±2.20
12-13			2.42 ^a	1.83-3.51	2.61 ^a	1.58-3.02	4.56 ^b	3.76-7.43	4.42 [*]	±2.16
21			3.37 ^a	2.28-5.10	1.30 ^b	1.00-1.80	5.45 ^c	4.74-8.00	4.70	±2.31
22-23			3.64 ^a	2.36-5.19	6.64 ^a	5.03-8.50	19.56 ^b	12.56-31.11	n.b.	n.b.

Nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). In der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 10: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 1. Blatt frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität										[¹⁴ C]Baytan 25 DS Standard
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					[¹⁴ C] B a y t a n 2 5 D S					
	Standard					Trocken					
	Feucht		Trocken			Feucht		Trocken			
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	
10-11	0.39 ^a	0.35-0.55	0.12 ^b	0.09-0.18	0.33 ^a	0.23-1.08	0.31 [*]	±0.14			
11-12	1.17 ^{a,b}	0.93-1.98	1.67 ^a	1.16-2.59	1.15 ^b	0.82-1.47	0.89 [*]	±0.28			
12-13	1.82 ^a	1.45-2.36	2.12 ^{a,b}	1.67-3.16	2.37 ^b	1.77-3.36	1.79	±0.61			
21	1.66 ^a	0.99-2.56	1.54 ^a	0.93-2.11	2.55 ^b	1.99-4.44	2.11	±0.73			
22-23	2.04	1.47-2.65	1.74	1.13-2.48	3.41	2.46-4.53	n.b.	n.b.			

Stadium	Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse										[¹⁴ C]Baytan 25 DS Standard
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S										
	Standard		Feucht			Trocken					
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s			
10-11	1.62 ^a	1.22-1.95	0.83 ^b	0.67-1.05	1.41 ^a	1.05-3.96	1.05 [*]	±0.35			
11-12	1.24 ^a	1.06-2.00	2.47 ^b	1.69-3.64	2.04 ^{a,b}	1.29-2.20	1.85	±2.03			
12-13	1.23 ^a	0.91-1.44	1.67 ^b	1.24-2.47	1.84 ^b	1.27-2.79	1.11	±0.36			
21	0.95 ^a	0.66-1.53	0.96 ^a	0.73-1.26	4.27 ^b	3.72-7.06	1.16	±0.33			
22-23	1.39 ^a	0.93-2.33	1.54 ^a	1.20-2.55	5.60 ^b	4.95-6.31	n.b.	n.b.			

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 11: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 2. Blatt frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
11-12	0.02 ^a	0.02-0.05		0.02 ^{a,b}	0.02-0.05		0.01 ^b	0.01-0.03	0.02 ± 0.01
12-13	0.30	0.24-0.43		0.38	0.25-0.62		0.38	0.29-0.50	0.37 ± 0.21
21	0.64 ^{a,b}	0.44-1.15		0.47 ^a	0.21-0.96		0.82 ^b	0.54-1.48	0.91 ± 0.27
22-23	1.30	0.96-1.60		1.11	0.41-1.47		0.87	0.51-1.32	n.b. n.b.

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
11-12	0.44 ^a	0.32-0.75		0.63 ^{a,b}	0.46-1.56		1.01 ^b	0.63-1.34	0.54 ± 0.33
12-13	0.33 ^a	0.25-0.43		0.54 ^b	0.36-0.74		0.53 ^b	0.35-0.68	0.46 ± 0.62
21	0.32 ^a	0.25-0.64		0.28 ^a	0.17-0.42		0.91 ^b	0.51-1.53	0.43 ± 0.11
22-23	0.71	0.46-1.00		0.70	0.33-1.34		0.86	0.64-1.15	n.b. n.b.

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 12:

Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 3. Blatt frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
12-13	0.02	0.01-0.03		0.01	0.01-0.02		0.03	0.02-0.03	0.05 ±0.07
21	0.17	0.11-0.25		0.31	0.08-0.50		0.30	0.14-0.56	0.26 ±0.11
22-23	0.99 ^a	0.58-1.25		0.20 ^b	0.13-0.81		0.44 ^b	0.21-0.65	n.b. n.b.

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
12-13	0.10 ^a	0.06-0.15		0.11 ^{a,b}	0.09-0.18		0.16 ^b	0.14-0.21	0.15 ±0.15
21	0.15	0.09-0.22		0.13	0.09-0.17		0.17	0.09-0.34	0.20 ±0.06
22-23	0.32	0.20-0.49		0.17	0.12-0.39		0.22	0.14-0.36	n.b. n.b.

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanz zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 13: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 4. Blatt frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	
21	0.01 ^a	0.01-0.04	0.03 ^{a,b}	0.01-0.11	0.07 ^b	0.03-0.30	0.01	±0.02	
22-23	0.13	0.06-0.22	0.06	0.03-0.18	0.21	0.05-0.25	n.b.	n.b.	

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	
21	0.07	0.04-0.22	0.04	0.02-0.05	0.05	0.03-0.19	0.12	±0.26	
22-23	0.10	0.06-0.14	0.05	0.03-0.11	0.07	0.04-0.10	n.b.	n.b.	

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 14: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente in den Nebentrieben frühgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
21	0.03	0.01-0.07	0.01	0.01-0.04	0.01	0.01-0.01	0.02	±0.03	
22-23	0.11 ^a	0.08-0.18	0.04 ^b	0.01-0.17	0.07 ^{a,b}	0.02-0.08	n.b.	n.b.	

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
21	0.12	0.05-0.22	0.04	0.02-0.04	0.03	0.03-0.03	0.10	±0.08	
22-23	0.09	0.07-0.14	0.06	0.02-0.26	0.06	0.04-0.09	n.b.	n.b.	

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 15: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im Gesamtsproß spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s
10-11	0.75 ^a	0.54-1.01	0.57 ^a	0.52-0.77	0.42 ^b	0.37-0.54	0.46 [*]	0.37-0.54	0.46 [*]	±0.20
11-12	1.28	0.98-1.72	1.39	1.23-1.84	1.46	1.05-2.68	1.02	1.05-2.68	1.02	±0.31
12-13	1.68	0.57-2.57	2.29	1.83-4.06	2.35	1.62-2.62	1.91	1.62-2.62	1.91	±0.60
21	3.42	1.92-5.42	2.12	1.84-3.53	3.46	2.48-4.20	3.56	2.48-4.20	3.56	±1.58
22-23	3.47 ^a	2.30-4.22	1.84 ^b	1.17-2.11	3.23 ^a	2.08-3.76	3.38	2.08-3.76	3.38	±0.76

Stadium	Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s
10-11	1.83	1.21-2.23	1.44	1.32-2.57	1.15	0.97-1.52	1.09 [*]	0.97-1.52	1.09 [*]	±0.86
11-12	1.47	0.97-1.77	1.41	1.15-1.98	1.74	1.11-2.78	1.16 [*]	1.11-2.78	1.16 [*]	±0.57
12-13	1.30	0.36-1.82	1.73	1.29-2.96	1.71	1.30-2.53	1.00	1.30-2.53	1.00	±0.33
21	1.63	0.85-2.18	1.06	0.86-1.32	1.38	0.97-1.60	1.33	0.97-1.60	1.33	±0.70
22-23	1.07 ^a	0.76-1.46	0.59 ^b	0.50-0.72	0.94 ^{a,b}	0.67-1.18	0.87 [*]	0.67-1.18	0.87 [*]	±0.25

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 16: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente in den Koleoptilen spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			$\bar{x}$	s
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q		
10-11	0.46 ^a	0.40-0.66	0.34 ^a	0.28-0.50	0.25 ^b	0.22-0.29	0.33 [*]		0.33 [*]	±0.20
11-12	0.47 ^{a,b}	0.34-0.59	0.32 ^a	0.29-0.34	0.46 ^b	0.31-0.86	0.38		0.38	±0.13
12-13	0.31 ^a	0.27-0.47	0.23 ^b	0.19-0.26	0.37 ^a	0.30-0.46	0.26		0.26	±0.12
21	0.17	0.12-0.36	0.15	0.13-0.18	0.23	0.17-0.33	0.20		0.20	±0.07
22-23	0.22 ^a	0.24-0.33	0.11 ^b	0.09-0.13	0.18 ^{a,b}	0.10-0.40	0.21		0.21	±0.11

Stadium	Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
	[¹⁴ C] Baytan 075 FS					[¹⁴ C] Baytan 25 DS				
	Standard		Feucht			Trocken			$\bar{x}$	s
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q		
10-11	2.63	2.00-3.60	2.47	2.07-3.78	2.06	1.73-2.47	1.98 [*]		1.98 [*]	±1.75
11-12	3.19 ^a	2.22-4.13	2.04 ^b	1.75-2.96	4.35 ^a	3.04-9.26	2.19 [*]		2.19 [*]	±1.30
12-13	2.45 ^a	2.04-3.75	2.39 ^a	1.74-3.17	4.75 ^b	3.36-6.04	1.66 [*]		1.66 [*]	±0.99
21	2.17 ^a	1.84-3.90	1.05 ^b	0.93-1.25	3.21 ^a	2.18-4.82	2.50 [*]		2.50 [*]	±1.26
22-23	1.56 ^a	1.12-1.86	1.00 ^b	0.74-1.25	1.80 ^a	1.16-4.85	0.85 [*]		0.85 [*]	±0.50

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 17: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 1. Blatt spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit

[¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.

Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen

- Versuch 1 -

Stadium	% der applizierten Radioaktivität										[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					Trocken					Standard	
	Standard		Feucht			Trocken			Standard			
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s		
10-11	0.23	0.17-0.31	0.16	0.13-0.26	0.16	0.07-0.24	0.13 *	±0.05				
11-12	0.72	0.53-1.23	1.06	0.92-1.55	1.03	0.73-1.20	0.60	±0.21				
12-13	1.74	1.24-2.44	1.84	1.35-3.32	1.53	1.08-1.93	1.30	±0.31				
21	2.19	1.09-4.44	1.44	1.17-2.54	2.09	1.48-2.75	2.06	±0.99				
22-23	1.56 ^a	1.20-2.02	1.12 ^b	0.85-1.34	1.45 ^{a,b}	1.19-2.36	1.72	±0.50				

Stadium	Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse										[¹⁴ C]Baytan 25 DS	
	[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S					Trocken					Standard	
	Feucht					1/4Q-3/4Q					$\bar{x}$ s	
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s		
10-11	0.94	0.57-1.18	0.82	0.73-1.03	0.60	0.50-1.00	0.55 *	±0.17				
11-12	1.11	0.84-1.70	1.51	1.25-2.14	1.35	0.88-1.69	0.93 *	±0.50				
12-13	2.03	1.83-2.49	2.11	1.63-3.67	2.15	1.50-2.70	1.30 *	±0.40				
21	2.36	1.28-9.26	1.72	1.44-2.67	2.22	1.69-3.55	2.22	±1.24				
22-23	1.84 ^a	1.57-2.25	1.28 ^b	1.03-1.51	2.01 ^a	1.28-2.30	1.59	±0.57				

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 18: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 2. Blatt spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
11-12	0.03	0.02-0.05		0.02	0.02-0.03		0.03	0.02-0.11	0.02 [*] ±0.01
12-13	0.28	0.23-0.43		0.26	0.18-0.36		0.24	0.13-0.38	0.21 [*] ±0.06
21	0.82	0.47-2.01		0.55	0.35-0.69		0.71	0.43-0.94	0.73 ±0.39
22-23	0.79 ^a	0.49-1.21		0.21 ^b	0.20-0.26		0.78 ^a	0.54-0.83	0.56 ±0.30

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard			Feucht			Trocken		
	Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q		Median	1/4Q-3/4Q	Standard
11-12	0.41	0.23-0.68		0.34	0.23-0.46		0.33	0.23-1.36	0.28 [*] ±0.19
12-13	0.71	0.53-1.09		0.66	0.47-1.00		0.63	0.40-0.74	0.41 [*] ±0.13
21	1.54	0.85-3.17		0.91	0.55-1.43		1.09	0.65-1.20	1.01 [*] ±0.57
22-23	1.08 ^a	0.85-1.80		0.35 ^b	0.32-0.56		0.95 ^a	0.77-1.21	0.75 ±0.35

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanz zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 19: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 3. Blatt spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	[¹⁴ C]Baytan 25 DS
12-13	0.02	0.02-0.03	0.02	0.01-0.03	0.02	0.01-0.03	0.02	±0.01	
21	0.11 ^a	0.09-0.24	0.07 ^b	0.05-0.11	0.21 ^a	0.13-0.24	0.19	±0.10	
22-23	0.38 ^a	0.22-0.53	0.07 ^b	0.05-0.10	0.29 ^a	0.25-0.46	0.31	±0.26	

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		Standard		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	s	[¹⁴ C]Baytan 25 DS
12-13	0.27	0.18-0.35	0.24	0.16-0.43	0.19	0.15-0.29	0.12 [*]	±0.06	
21	0.38 ^a	0.23-0.60	0.16 ^b	0.14-0.25	0.31 ^a	0.22-0.45	0.34	±0.21	
22-23	0.57 ^a	0.39-0.85	0.12 ^b	0.09-0.21	0.42 ^a	0.27-0.53	0.51	±0.43	

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 20: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente im 4. Blatt spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 10 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
	21	0.01	0.01	0.01-0.02	0.01	0.01-0.02	0.02	±0.01	
22-23	0.06 ^a	0.04-0.13	0.01 ^b	0.01-0.03	0.06 ^a	0.04-0.09	0.07	±0.05	

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] Baytan 075 FS									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
	21	0.22 ^a	0.09 ^b	0.06-0.14	0.08 ^b	0.07-0.12	0.15 [*]	±0.08	
22-23	0.24 ^a	0.16-0.35	0.05 ^b	0.03-0.08	0.14 ^a	0.11-0.20	0.15 [*]	±0.08	

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 21: Radioaktivität und Wirkstoff-Äquivalente in den Nebentrieben spätgesäter Wintergerste nach Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS bzw. 25 DS.
Mittelwerte aus 14 - 20 Pflanzen
- Versuch 1 -

% der applizierten Radioaktivität									
[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
12-13	0.02	0.01-0.03	0.01	0.01-0.02	0.03	0.01-0.06	0.06	±0.07	
21	0.03	0.01-0.04	0.01 ^b	0.01-0.01	0.05 ^a	0.04-0.08	0.21	±0.16	
22-23	0.09 ^a	0.06-0.16	0.01 ^b	0.01-0.01	0.05 ^a	0.04-0.08	0.21	±0.16	

Wirkstoff-Äquivalente: mg/kg Frischmasse									
[¹⁴ C] B a y t a n 0 7 5 F S									
Stadium	Standard		Feucht		Trocken		[¹⁴ C]Baytan 25 DS		
	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	Median	1/4Q-3/4Q	$\bar{x}$	Standard	s
12-13	0.55	0.36-0.85	0.13 ^b	0.08-0.16	0.20 ^b	0.13-0.23	0.24	±0.17	
21	0.28 ^a	0.02-0.41	0.04 ^b	0.03-0.07	0.12 ^c	0.10-0.20	0.26	±0.14	
22-23	0.28 ^a	0.19-0.41	0.04 ^b	0.03-0.07	0.12 ^c	0.10-0.20	0.26	±0.14	

Unter der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS sind Signifikanzen zwischen den Werten desselben Entwicklungsstadiums durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (Wilcoxon rank-sum test, $\alpha = 0.05$). Unter der STD - Variante sind Signifikanzen zwischen der Beizung mit [¹⁴C]Baytan 075 FS und [¹⁴C]Baytan 25 DS durch * gekennzeichnet.

Anhang-Tab. 22: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnschichtchromatographischer Auftrennung.

Variante: Frühsaat/Standard

- Versuch 1 -

¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittelphase				Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt	Metaboliten		
10-11	6	Koleoptile 1. Blatt	n.b. 72.3	n.b. 18.5	n.b. 90.8	n.b. 4.3	n.b. 3.1	n.b. 1.7
			59.6 67.4 57.6	20.0 16.6 14.7	79.6 84.0 72.3	3.9 3.8 15.4	7.3 6.4 9.1	9.1 5.8 3.2
22-23	22	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt Nebentriebe	33.6 48.8 59.1 46.4 65.6 62.6	8.9 10.9 12.4 11.3 17.1 16.5	42.5 59.7 71.5 57.7 82.7 79.1	9.6 5.2 3.4 5.9 3.5 3.9	18.5 29.8 19.4 13.5 9.0 8.7	29.4 5.2 5.7 22.9 5.3 9.0

Anhang-Tab. 23: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach

Extraktion und dünnsschichtchromatographischer Auftrennung.

Variante: Frühsaat/Feucht

- Versuch 1 -

¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittelphase			Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt		
10-11	5	Koleoptile 1. Blatt	63.6	23.0	86.6	2.3	4.1
			76.0	11.0	87.0	5.7	3.2
12-13	14	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt	30.6	8.6	39.2	14.5	34.9
			59.4	20.0	79.4	10.5	5.7
			63.8	20.3	84.1	5.6	4.4
			47.7	16.1	63.8	2.3	9.2
22-23	32	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt Nebentriebe	16.0	4.9	20.9	17.5	54.6
			13.6	5.5	19.1	46.8	7.6
			22.2	8.9	31.1	35.1	6.6
			30.3	13.0	43.3	21.9	7.0
			31.3	14.7	46.0	8.6	7.8
			24.1	10.7	34.8	7.9	11.3

Anhang-Tab. 24: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnschichtchromatographischer Auftrennung.

Variante: Frühsaat/Trocken

- Versuch 1 -

^{14}C -Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittelphase				Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt	Metaboliten		
10-11	6	Koleoptile 1. Blatt	64.1	20.8	84.9	10.0	2.4	2.8
			67.6	9.9	77.5	17.1	3.7	1.7
12-13	15	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt	51.9	14.5	66.4	10.3	11.3	12.1
			60.7	13.9	74.6	2.7	17.7	4.9
			61.4	14.9	76.3	8.8	10.1	4.8
			49.0	13.7	62.7	27.8	5.7	3.7
22-23	35	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt	38.1	8.3	46.4	11.5	27.4	14.7
			40.0	6.6	46.6	11.0	35.4	7.0
			29.4	6.8	36.2	9.1	46.1	8.6
			37.5	8.0	45.5	6.8	37.3	10.5
			45.5	9.9	55.4	10.5	23.8	10.3

Anhang-Tab. 25: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnsschichtchromatographischer Auftrennung.

Variante: Spätsaat/Standard

- Versuch 1 -

¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittelphase				Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt	Metaboliten		
10-11	10	Koleoptile 1. Blatt	n.b. 75.5	n.b. 14.4	n.b. 89.9	n.b. 4.2	n.b. 4.0	n.b. 2.0
			68.3 73.1 53.2	18.9 14.1 13.3	87.2 87.2 66.5	4.4 6.0 21.0	4.6 4.2 10.0	3.8 2.7 2.5
22-23	71	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt Nebentriebe	37.5 28.6 46.5 42.5 24.5 62.7	9.4 8.3 13.9 13.5 9.3 19.1	46.9 36.9 60.4 56.0 33.8 81.8	10.3 24.3 11.1 8.9 8.4 6.4	22.3 33.1 23.2 31.7 52.8 8.8	20.4 5.7 5.3 3.5 5.0 3.1

Anhang-Tab. 26: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnsschichtchromatographischer Auftrennung.

Variante: Spätsaat/Feucht

- Versuch 1 -

¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittelphase			Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt Metaboliten		
10-11	10	Koleoptile 1. Blatt	66.8	21.6	88.4	2.1	3.0
			73.4	12.9	86.3	3.2	1.7
12-13	34	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt	39.2	12.7	51.9	19.9	19.5
			56.8	16.0	72.8	13.8	4.4
			52.9	15.8	68.7	7.5	3.8
			52.2	12.4	64.6	14.3	3.8
22-23	74	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt Nebentriebe	13.8	5.7	19.5	30.9	42.1
			17.2	8.2	25.4	60.2	6.8
			33.7	18.4	52.1	30.4	5.2
			34.0	23.2	57.2	11.9	4.0
			32.5	21.3	53.8	0.0	2.7
			35.7	19.6	55.3	7.2	4.2

Anhang-Tab. 27: Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Sproßfraktionen [¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnsschichtchromatographischer Auftrennung.
Variante: Spätsaat/Trocken
- Versuch 1 -
¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Entwicklungs- stadium	Tage nach der Saat	Sproß- fraktion	Organische Lösungsmittephase				Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt	Metaboliten		
10-11	10	Koleoptile 1. Blatt	69.8	22.2	92.0	4.6	2.2	1.2
			67.2	21.4	88.6	4.4	5.3	1.7
12-13	32	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt	59.9	15.5	75.4	6.7	11.1	6.7
			54.8	9.2	64.0	14.4	17.6	4.0
			68.1	11.7	79.8	8.5	9.1	2.6
			48.9	n.b.	48.9	36.9	9.2	5.0
22-23	74	Koleoptile 1. Blatt 2. Blatt 3. Blatt 4. Blatt Nebentriebe	36.9	10.8	47.7	12.7	20.6	19.0
			18.2	6.3	24.5	25.0	42.9	7.5
			41.1	11.5	52.6	18.3	24.8	4.3
			50.5	14.5	65.0	16.0	14.4	4.5
			54.7	16.7	71.4	17.7	8.1	2.9
			56.1	18.5	74.6	15.2	7.1	3.2

Anhang-Tab. 28:

Qualitative Bestimmung der Radioaktivität von Endospermen aus früh- und spätgesäten Karyopsen
¹⁴C]Baytan 075 FS-gebeizter Wintergerste nach Extraktion und dünnsschichtchromatographischer Auftrennung.
- Versuch 1 -
¹⁴C-Aktivität in der Sproßfraktion = 100 %

Versuchs- variante	Tage nach der Saat	Entwicklungs- stadium(Zadoks)	Organische Lösungsmittelphase			Wasserphase	Nicht extrahierbarer Rückstand
			A	Triadimenol B	Gesamt		
Frühsaat STD FEU TRO	6	10-11	46.5	10.7	57.2	35.1	3.7
	9	11-12	57.9	15.0	72.9	25.9	<0.05
	5	10-11	63.7	19.2	82.9	15.6	n.n.
	8	11-12	55.5	18.8	74.3	23.3	<0.05
	6	10-11	42.9	9.1	52.0	36.0	4.9
	8	11-12	60.3	15.9	76.2	21.8	0.8
Spätsaat STD FEU TRO	10	10-11	46.5	13.1	59.6	38.0	0.3
	20	11-12	57.0	15.2	72.2	24.9	0.07
	10	10-11	31.4	8.8	40.2	59.0	0.1
	20	11-12	26.0	5.8	31.8	66.6	0.2
	10	10-11	45.7	11.7	57.4	38.0	3.5
	18	11-12	50.7	12.6	63.3	34.2	1.0

Anhang-Tab. 29: Zeitlicher Verlauf der ^{14}C -Abgabe über die Wurzeln an die Nährlösung sowie Radioaktivitätsgehalt in den Wurzeln nach ^{14}C -Aufnahme über die Karyopsen von [^{14}C]Baytan-gebeizter Wintergerste.
Mittelwerte von 17 Einzelpflanzen
- Versuch 5 -

Zeitintervall nach Keimungsbeginn (Tage)	Stadium bei Probennahme	^{14}C -Abgabe über die Wurzel in % der Gesamtauscheidung *		
		$\bar{x}$	s	VK[%]
0-2	-	-	-	-
2-4	-	-	-	-
4-5	10	27.2	20.2	74.1
5-8	10-11	32.2	26.3	81.6
8-10	11	12.9	9.1	70.5
10-13	≤ 13	14.9	12.3	82.7
13-15	13	2.3	2.0	89.2
15-17	≤ 21	2.3	2.0	88.1
17-18	21	1.8	1.4	82.3
Wurzel	21	8.6	4.7	54.0

* (Gesamt- ^{14}C -Abgabe in die Nährlösung und ^{14}C -Aktivität in der Wurzel = 100 %)

Anhang-Tab. 30: Verlauf der kumulativen Radioaktivitätsabgabe an die Nährlösung nach Radioaktivitätsaufnahme über [^{14}C]Baytan 075 FS-gebeizte Wintergerstenkaryopsen.
Mittleres, kumulatives Exkretionsverhalten von 17 Einzelpflanzen.
- Versuch 5 -

Zeitintervall nach Keimungsbeginn (Tage)	Stadium bei Probennahme	kumulative Radioaktivitätsabgabe *		
		$\bar{x}$	s	VK[%]
0-2	-	-	-	-
2-4	-	-	-	-
4-5	10	31.5	23.8	75.5
5-8	10-11	65.0	20.7	31.8
8-10	11	78.6	14.9	19.0
10-13	≤ 13	93.4	5.7	6.1
13-15	13	96.0	4.3	4.4
15-17	≤ 21	97.7	3.1	3.2
17-18	21	100.0	0.1	0.1

* (Gesamt- ^{14}C -Abgabe in die Nährlösung = 100 %)

